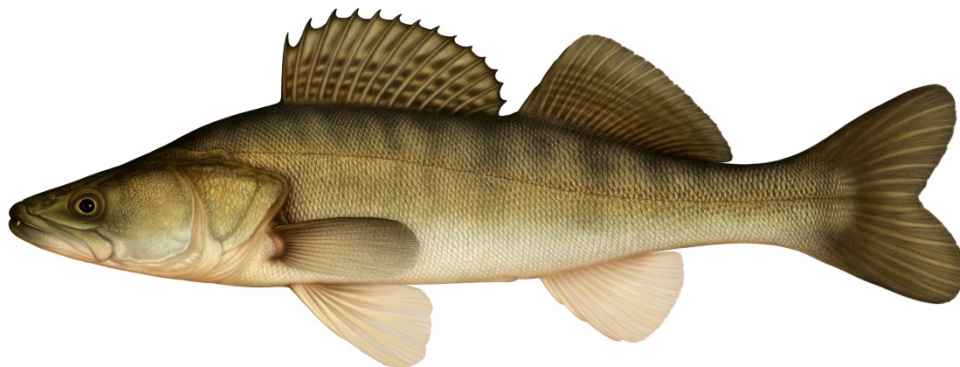


Evolutionära effekter av fiske på gös?

Evolutionary effects of fisheries on pikeperch?

Teresa Soler



Evolutionära effekter av fiske på gös?

Evolutionary effects of fisheries on pikeperch?

Teresa Soler

Handledare: Ulrika Beier, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för akvatiska resurser
Btr handledare: Willem Dekker, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för akvatiska resurser
Examinator: Kerstin Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för akvatiska resurser

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - magisterarbete, 30 hp

Kurskod: EX0732

Program/utbildning: Biologlinjen

Utgivningsort: Drottningholm

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Illustration: ArtDatabanken, Linda Nyman

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: gös, Sander lucioperca, tillväxt, könsmognad, fiske, evolutionära effekter

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för akvatiska resurser
Sötvattenslaboratoriet

Sammanfattning

Fisk betraktas numer som både en ekologisk och ekonomisk resurs som därför bör nyttjas på ett uthålligt sätt. Ett hållbart fiske innebär att människan ska kunna fortsätta fiska under lång tid framöver. Lagar och fiskeförvaltning reglerar fisket och påverkar därigenom fiskbestånden, på kort men också på lång sikt. I Hjälmaren och Mälaren är förvaltningen storleksbaserad. Den innebär att fisken måste ha uppnått ett visst minimimått för att kunna tas upp. Höjt minimimått kan påverka fiskbestånd positivt inom loppet av några år, vilket kan resultera i större fångster och att fler individer får chans att reproducera sig. Men frågan är hur individers tillväxt och könsmognad påverkas i det långa loppet av storleksbaserad förvaltning. Kan irreversibla genetiska förändringar uppstå?

Fiskets effekter på gösbestånden i Mälaren och Hjälmaren har inte tidigare studerats i detalj. Insamling av data för att undersöka beståndens status och förvaltningens effekter påbörjades under 2007 i Hjälmaren och 2008 i Mälaren av dåvarande Fiskeriverket, nuvarande SLU. Preliminära studier har visat att gösen i Hjälmaren och Mälaren växer sämre och uppnår könsmognad tidigare idag jämfört med 1950-talet.

Syftet med mitt självständiga arbete var att undersöka om tillväxt med avseende på årsklass och kön har förändrats i Hjälmaren och Mälaren mellan tidsperioderna 1939-1978 och 2010-2013. I mitt arbete jämför jag nutida data med ett historiskt material från åren 1955-1978, en tidsperiod då data på gös årligen samlades in i dessa sjöar. Jag jämför även Mälaren med Hjälmaren under senare tid. Minimimåttet i Hjälmaren höjdes från 40 till 45 cm år 2001, men höjningen i Mälaren kom först år 2012. Jag ville se om det fanns någon skillnad i hur gösen växer i sjöarna och om tillväxten skiljde sig med avseende på kön. Hjälmaren och Mälaren är också olika med avseende på trofigrad och yrketsfiskets uttag. Vidare ville jag se i vilka åldersklasser man finner köns mogen gös och om fördelningen av köns mogen gös har förändrats på 40-50 år. Slutligen relaterar jag denna studie till tidigare studier av evolutionära effekter av fiske på andra fiskbestånd, och diskuterar vilken inverkan andra faktorer såsom temperatur, näring och samspel med andra arter kan ha på bestånden.

Tvärt emot de tidigare preliminära resultaten av tillväxt och könsmognad i Mälaren, visade min studie att gös, oavsett kön och i alla åldrar, växer snabbare nu än förr. Däremot växte göshonor i åldern 4-6 år i Hjälmaren sämre under tidsperioden 1963-1970 jämfört med 1955-1962. En jämförelse av data från tidsperiod 1 och 4, visade att tvåårig gös växer snabbare i Hjälmaren än i Mälaren. En högre andel av gös som är två och tre år är köns mogna nu jämfört med tidigare. Fördelningen i andel könsmognad i åldersklasserna 2-6 år skilde sig signifikant mellan tidsperioderna, förutom för hanar i Mälaren.

I Mälaren har siktdjupet minskat och temperaturen ökat signifikant sedan 1960-talet. Inga skillnader över tid detekterades för totalfosfor i Mälaren. I Hjälmaren fann jag inga samband mellan siktdjup, temperatur och näringshalt över tid. Jag såg inga förändringar av fiskets uttag av gös 1964-2013.

Även om Hjälmaren och Mälaren är olika beträffande produktionsnivå har den ökade tillväxten och det förändrade mönstret av könsmognad, med fler yngre köns mogna individer och med liknande andelar köns mogna individer i alla åldrar, skett i båda sjöar. Tidigare mognad är att förvänta till följd av ökad tillväxt, och ökad tillväxt kan förväntas vid till exempel ökad temperatur eller minskad konkurrens vid hårt fisketryck. En större andel äldre omogna individer tyder på att gösen inte leker varje år, och istället lägger energi på att växa.

Jag kan inte dra några slutsatser huruvida dessa förändringar baseras på genetiska eller fenotypiska förändringar, och jag kan därmed inte besvara frågan om det fanns några evolutionära förändringar av gösbeståndet i sjöarna. Analyser av data med metoder som kan skilja på genetiska och plastiska förändringar skulle kunna förtydliga de förändringar vi ser i sjöarnas gösbestånd. För att uppnå en ekosystembaserad förvaltning på lång sikt behöver vi förstå långsiktiga effekter av både fiske och miljöförändringar.

Abstract

Fish is nowadays considered as both an ecological and economic resource which should be used in a sustainable manner. Laws governing fisheries and management will affect fish stocks, both in the short and long run. In both Lake Hjälmaren and Lake Mälaren, the management is size-based. This means that the fish must be of a certain minimum size to be landed. A raised minimum size limit is expected to affect fish stocks positively within a few years, as a result of larger catches and more spawning biomass. The minimum size limit in L. Hjälmaren was raised from 40 to 45 cm in 2001, and in L. Mälaren it was increased from 40 to 45 cm in 2012. An important question is how individual growth of fish, as well as sexual maturation, is affected in the long run by size based management. Could irreversible genetic changes occur?

Effects of fishing on pikeperch stocks in L. Hjälmaren and L. Mälaren have not previously been studied in detail. Collection of data to investigate the status of the stocks and the effects of the fisheries management in the lakes was initiated in 2007-2008 by the National Board of Fisheries, currently SLU. Preliminary studies have shown that the pikeperch grew slower and reached sexual maturity earlier in recent years compared to the 1950's.

In my study I have investigated whether growth with respect to age group and sex has changed in L. Hjälmaren and L. Mälaren since the 1950's. I compared present-day data with historical material from 1955-1978, when data on pikeperch was collected annually in the lakes. I also compared recent data from L. Mälaren with L. Hjälmaren, to identify differences which could be the result of different environmental factors or fisheries. Furthermore, I investigated the age distribution of sexually mature pikeperch and if it had changed over the years. Finally, I relate my study to previous studies of evolutionary effects of fishing, and discuss the impact of other factors such as temperature, nutrient levels and interactions with other species.

Contrary to the earlier preliminary results of growth and sexual maturation in L. Mälaren, my study shows that pikeperch, regardless of sex and age, grew faster in recent years compared to before. In contrast, females aged 4-6 years grew slower in L. Hjälmaren over the period 1963-1970 compared with 1955-1962. Furthermore, a comparison showed that two-year old perch grew faster at present in L. Hjälmaren compared to in L. Mälaren. In recent years there was a higher proportion of sexually mature pikeperch aged 2 and 3 years compared to in the 1950's. The proportion of mature pikeperch aged 5 and 6 years was lower in recent years compared to in the 1950's.

In L. Mälaren the Secchi depth had decreased and the temperature had increased significantly since the 1960's. No differences over time were detected for total phosphorus in L. Mälaren. In L. Hjälmaren I found no correlation between the Secchi depth, temperature and nutrient levels over time. I saw no significant trends in any of the lakes in the commercial catches of pikeperch during the period 1964-2013.

Although L. Hjälmaren and L. Mälaren are different with regard to production, the increased growth and the changed pattern of sexual maturity occurred in both lakes. There was a greater proportion young sexually mature individuals, and the proportions of sexually mature individuals of all ages were similar. Earlier maturation is to be expected due to increased growth, and higher growth can be expected when temperature increases, or when competition is reduced because of high fishing pressure. A larger proportion of older immature fish suggest that spawning is skipped in some years, and energy can instead be allocated to growth.

I cannot draw conclusions as to whether these changes are based on genetic or phenotypic changes, and I therefore cannot answer the question if evolutionary changes of the pikeperch stocks in the lakes have occurred. Analyses of data with methods that can distinguish between genetic and plastic changes could clarify the changes I have found. In order to achieve ecosystem-based management, we need to understand the long term effects of fishing and environmental changes.

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Effekter av fiske på tillväxt, ålder och könsmognad	8
1.1.1	Effekter av minimimått	8
1.1.2	Evolutionära effekter	9
1.1.3	Svensk fiskeförvaltning	10
1.2	Gös (<i>Sander lucioperca</i>)	10
1.3	Två svenska stora sjöar med gösfiske	11
1.3.1	Hjälmaren	12
1.3.2	Mälaren	13
1.3.3	Fiske och fiskeförvaltning i Hjälmaren och Mälaren	14
1.4	Mina frågeställningar	16
1.4.1	Hypoteser	16
2	Material och metoder	17
2.1	Data på tillväxt, ålder och könsmognad	17
2.2	Data på fiskets uttag	17
2.3	Provtagning	17
2.3.1	Provfiske och provtagning 1955-1978	17
2.3.2	Provtagning från yrkesfiske, nätprovfiske och trålning 2007-2013	18
2.4	Urval av data och vävnader för tillväxtmätning	19
2.5	Åldersbestämning och tillväxtberäkningar av gösprover	21
2.5.1	Åldersbestämning av gös	21
2.5.2	Beräkningar av tillväxt per år – tillbakaräkning	25
2.6	Statistiska analyser	26
2.6.1	Förberedande tester	26
2.6.2	Test av tillväxt mellan tidsperioderna	26
2.6.3	Test av könsmognad mellan tidsperioderna	27
2.6.4	Omgivningsvariabler och fiskets uttag	27
3	Resultat	28
3.1	Förberedande tester	28
3.2	Tillväxt	29
3.2.1	Tillväxtmönster för gös i Hjälmaren och Mälaren 1955-2013	29
3.2.2	Skillnader i tillväxt under tidsperioderna 1955-1978 och 2007-2013	30
3.2.3	Skillnader i tillväxt mellan Hjälmaren och Mälaren mellan 1998-2013	34
3.3	Könsmognad	36
3.4	Förändringar i omgivningsvariabler	38

3.5	Förändring i fiskets uttag	40
4	Diskussion	43
4.1	Tillväxt	43
4.2	Könsmognad	45
4.3	Förändringar i omgivningsvariabler	45
4.4	Hållbara bestånd kräver kunskap om resursen och dess medspelare	46
Tack	48	
Referenslista		49
Appendix		52
Populärvetenskaplig sammanfattning		55

1 Inledning

1.1 Effekter av fiske på tillväxt, ålder och könsmognad

Allt fiske påverkar fiskbestånden. Hårt och oreglerat fiske på fiskbestånd kan få förödande effekter, både på kort sikt men också på lång sikt. Överfiske innebär att man tar upp mer fisk än vad som är hållbart för beståndets fortlevnad. I många fall är fiskedödligheten större än de naturliga dödsorsakerna. En förvaltning av fisket är nödvändigt för att undvika beståndskollapser.

Det finns många exempel på hur fiske inverkar på både fiskbestånden och ekosystemet. Överexploatering kan leda till att ett bestånd kollapsar och har svårt att återhämta sig (Lilly, 2008). Förvaltning som har som mål att genom selektivt fiske kunna göra stora uttag men ändå bevara bestånden kan vara riskfyllt. Att ha kunskap om beståndens populationsdynamik och vilka mekanismer som är involverade är viktigt, och modern fiskeriförvaltning välden över strävar efter att vara ekosystembaserad (Havs- och vattenmyndigheten, 2012; Parsons et al., 1998). Individens tillväxt och könsmognad är viktiga egenskaper som är kopplade till beståndets överlevnad på både kort och lång sikt (Wootton & Smith, 2014; Froese et al., 2008). Men vilka effekter har ett selektivt fiske på tillväxt och könsmognad? Och är storleksbaserad förvaltning bra för ett uthålligt fiske på lång sikt? Studier på bestånd av gös (*Sander lucioperca*) före och efter höjt minimimått visar att fisk könsmodnar tidigare då man fiskar på mindre individer (Kokkonen et al., 2015).

1.1.1 Effekter av minimimått

Storleksbaserad förvaltning i Mälaren och Hjälmaren

I Mälaren och Hjälmaren är fiskeförvaltningen storleksbaserad sedan många år tillbaka. Här tillämpas minimimått sedan 1930-talet, i kombination med andra fiskeregler. Minimimåttet har höjts vid flera tillfällen. År 2001 höjdes minimimåttet i

Hjälmmaren från 40 till 45 cm. I Mälaren infördes 45 cm gränsen under 2012. En av orsakerna till att det under slutet av 2000-talet fångades mer än dubbelt så mycket gös i yrkesfisket än det gjordes tio år tidigare anses vara att minimimåttet i Hjälmmaren höjdes från 40 till 45 cm (Havs- och vattenmyndigheten, 2013; SLU, 2014).

1.1.2 Evolutionära effekter

Fiskeuttag kan få långtgående konsekvenser för populationer. Om individer med vissa egenskaper lever vidare förs deras egenskaper vidare till kommande generationer. Andra egenskaper och gener hos individer som klarar sig sämre blir mindre vanliga och kan försvinna.

Om fisket medför evolutionära effekter är det viktigt att identifiera mekanismerna. Om vi kan förstå dessa mekanismer så kan vi anpassa fiskeförvaltningen för att undvika negativa effekter som eventuellt kan vara irreversibla.

Studier på effekter av fiske på marina bestånd har visat att om fisket sker på vissa individstorlekar så kan beståndens storleksfördelning och könsmognad påverkas. I värsta fall hotas en art av utdöende (Belgrano & Fowler, 2013). Fiskets inverkan på fenotypiska förändringar (såsom storlek, tillväxt och könsmognad), kan vara större än den naturliga inverkan (Darimont *et al.*, 2009). Hur stort minimimåttet är har stor inverkan på bestånden (Heikinheimo *et al.*, 2006).

Större och äldre individer är mer fertila i och med att de producerar fler ägg, och deras ägg är av bättre kvalitet, vilket leder till högre överlevnad hos deras avkomma (Berkeley *et al.*, 2004; A.T. Edward, 1997). I ett fiske med minimimått kommer de individer som växer fort att fiskas upp först. När dessa större och äldre individer fiskas selektivt, leder detta till att populationen till större grad består av yngre och mindre fiskar. När dessa yngre och mindre fiskar reproducerar sig leder det till att populationen över tid kommer att bestå alltmer av fiskar som reproducerar sig vid yngre ålder och mindre storlek (Wootton & Smith, 2014). Hur stort minimimåttet är har alltså inverkan på i vilken ålder och vid vilken storlek beståndet uppnår könsmognad (Kokkonen *et al.*, 2015).

Enligt livshistorieteorin drivs evolutionen av att individer strävar efter att maximera sin reproduktion. Hos bnfiskar hänger storlek och fekunditet samman och storlek kan vara viktigare än ålder vid studier av livshistorieevolution (Wootton & Smith, 2014). Fisk som könsmognar i tidig ålder ökar sina chanser att reproducera sig innan den dör. En nackdel med tidig könsmognad är dock att storlek och fekunditet hos honor är korrelerad. En hona som satsar energi på tillväxt i stället för reproduktion tidigt i livet har därför större chans att kunna producera ännu mer rom senare. Ju större hona desto fler, och ofta större, ägg produceras (Hixon *et al.*, 2014). Generellt så ger stora romkorn större yngel. Ett vanligt mönster hos fisk är att ålder och storlek vid könsmognad minskar samtidigt som tillväxtförhållandena förbättras (mer föda, bättre miljö) (Wootton & Smith, 2014). Hos abborre ökar

tillväxt med ökad temperatur, reproduktiv allokering likaså emedan ålder och längd vid mognad minskar (Wootton & Smith, 2014).

1.1.3 Svensk fiskeförvaltning

I Sverige förvaltas fiskbestånden med riktlinjer enligt de nationella miljökvalitetsmålen, som Sveriges riksdag beslutat. Målen riktar in sig på ekosystem. Havs- och vattenmyndigheten (HaV) ansvarar för miljömålen Levande sjöar och vattendrag, Hav i balans samt Levande kust och skärgård. HaV ansvarar också för att de som fiskar gör det på ett ansvarsfullt sätt. Arbetet regleras också av den gemensamma fiskeripolitiken i EU. Sveriges sjöar och vattendrag ska vara " ... *ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras,*" (Naturvårdsverket, 2014). Det betyder att fisken ska bevaras för framtida generationer. För haven är miljömålet "*Västerhavet och Östersjön ska ha en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. ... Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård ska bedrivas så att en hållbar utveckling främjas....*" (Naturvårdsverket, 2014).

Minimimått är ett av de verktyg som används för att fiskeförvaltningen ska uppfylla miljömålen. Minimimått är också relativt enkla att tillämpa i kombination med regler för redskap, exempelvis nätens maskstorlekar. I sjöar där många fiskar, sportfiskare och yrkesfiskare, är det lättare att hålla reda på ett mått, oavsett vilka redskap som används eller antal fiskar man tar upp.

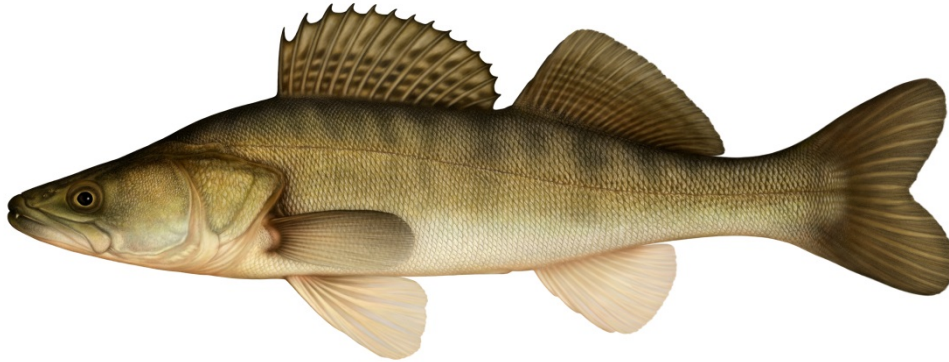
1.2 Gös (*Sander lucioperca*)

Gös (Figur 1) är den nionde ekonomiskt viktigaste arten (värde i förstahandsled) i svenskt fiske och ca 66 % av den gös som fångas i Sverige fångas i Mälaren och Hjälmaren (SCB, 2014; SLU, 2014).

Gös hör till familjen Percidae, abborrfiskar (Kullander et al. 2012). I Sverige lever gös främst i varma och syrerika sjöar, men även i lugnflytande vattendrag (Kullander et al. 2012). Arten förekommer främst i sjöar i södra Sverige och i Vänern, Hjälmaren och Mälaren men förekommer också i skärgårdar från Småland till Norrbotten (Kullander et al. 2012). Utbredningen begränsas framförallt av temperaturen (Sonesten, 1991).

Gös är en rolevande fisk, och nors (*Osmerus eperlanus*) är en vanlig bytesfisk. Arten är nattaktiv och har bra mörkerseende, och trivs därför i grumliga och näringsrika sjöar (Kullander et al. 2012). Gösens ögon har ett vävnadslager kallat tapetum lucidum, vilken förbättrar mörkerseendet.

Hanen blir köns mogen vid 2–4 års ålder och honan vid 3–5 års ålder. Leken sker under april–juni på leriga, sandiga, grusiga eller steniga bottenar med växtlighet på en till tre meters djup. I Sverige har även lek förekommit så sent som i augusti. (Kullander et al. 2012, Sonesten, 1991)



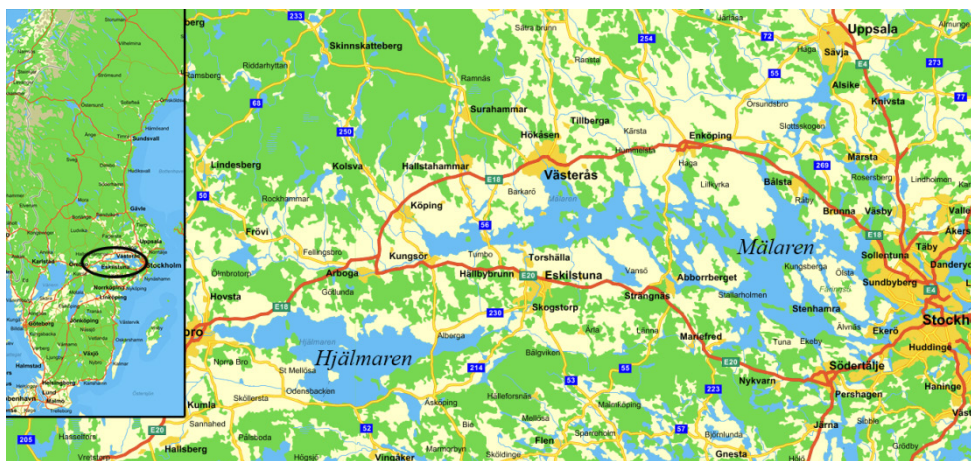
Figur 1. Gös (*Sander lucioperca*). Illustration: Artdatabanken, Linda Nyman.

Tillväxt av gös i Mälaren och Hjälmaren

Jämförelser av nutida bestånd i sjöarna med historiska data har visat att storlek och ålder vid köns mognad har förändrats jämfört med 1954-1961. Gösen i centrala Mälaren har från undersökningar av data från 2008 visat sig växa långsammare och uppnår köns mognad tidigare (Fiskeriverket, 2010). Detta skulle kunna förklaras med att man genom fisket selekterat bort snabbväxande individer (Fiskeriverket, 2010). Kvar blir långsamväxande individer som kan reproducera sig 1-2 gånger innan de uppnått minimimåttet och fiskas upp (Fiskeriverket, 2010). Vidare har man sett att gösen köns mognar tidigare jämfört med för några decennier sedan (Fiskeriverket, 2010). En större andel gös växer alltså långsammare och reproducerar sig tidigare.

1.3 Två svenska stora sjöar med gösfiske

Hjälmaren och Mälaren är två av Sveriges största sjöar (Figur 2). I sjöarna bedrivs ett stort yrkesfiske på gös. Hjälmaren är grund och näringsrik. Mälaren består av i huvudsak tre bassänger som skiljer i djup och näringsgrad.

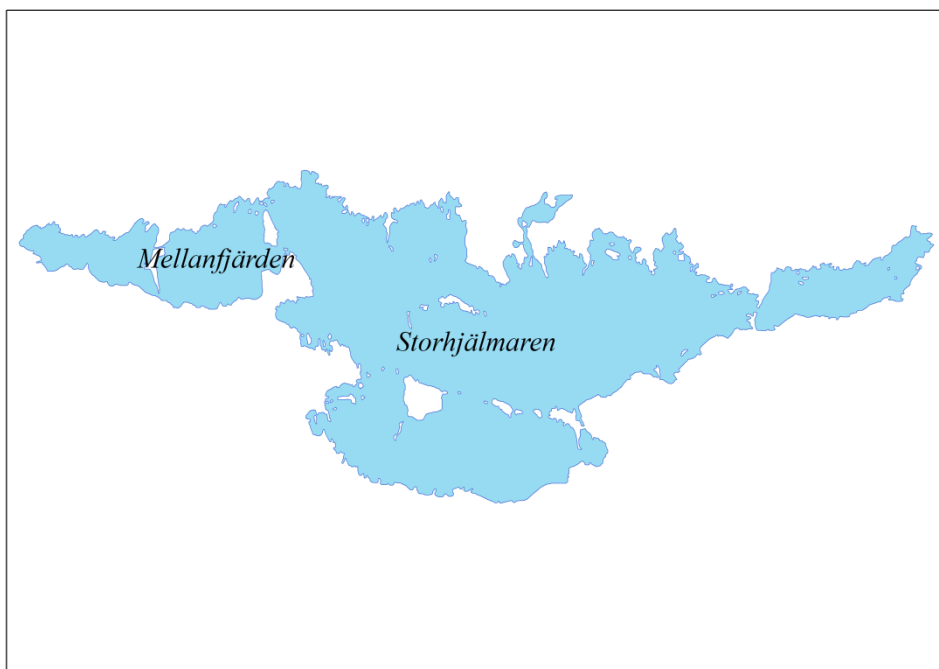


Figur 2. Karta över Sverige och sjöarna Hjälmaren och Mälaren. (Lantmäteriet/Metria, 2015) (redigerad).

1.3.1 Hjälmaren

Hjälmarens är 480 km² stor och består i huvudsak av en stor bassäng (Figur 3). Hjälmaren är sjösänkt för att skapa odlingsbar mark, medeldjupet är 6,2 meter. Därför värms Hjälmarens vatten relativt snabbt och i kombination med höga halter av fosfor och kväve är fiskproduktion i sjön hög. Vissa år är det syrebrist i bottenvattnet med fiskdöd som följd. (Länsstyrelsen, 2005)

I Hjälmaren förekommer 24 fiskarter, och gös är kommersiellt sett den värdefullaste arten (Länsstyrelsen, 2005). Då tillrinningsområdet har Mellansveriges bördigaste jord har sjön höga närsaltshalter. Totalfosforhalten på 0,5 m år 2011 uppmättes till 76 µg per liter (SLU, 2015).

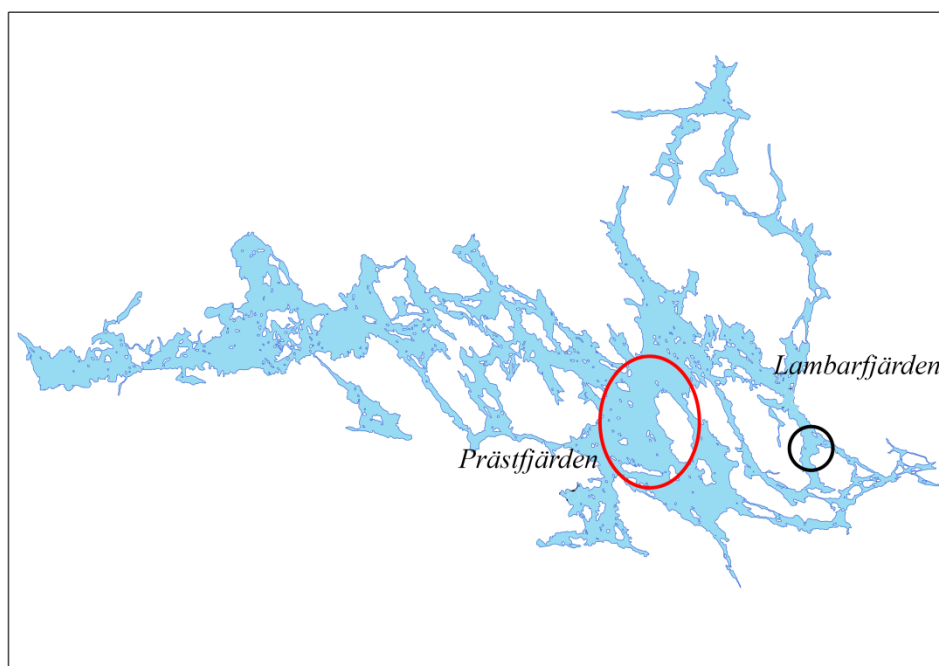


Figur 3. Hjälmaren och provtagningslokalerna. Under åren 1955-1978 provfiskades en lokal i Mellanfjärden, ca 1 km öster om Essöns sydspets (Svårdson, 1966). Provtagning i yrkesfisket görs regelbundet från år 2007 (Beier, 2014a). Från och med 2007 har Storhjälmaren och Mellanfjärden provfiskats med trål och provfiskenet (Beier, 2011; CEN, 2009).

1.3.2 Mälaren

Mälaren är Sveriges tredje största sjö, 115 300 ha stor eller 1 120 km² (Länsstyrelsen, 2005). Mälaren är mycket flikig med många vikar och öar (Figur 4). Medeldjupet är 12,8 meter och maxdjupet är uppmätt till 66 meter (Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS, 2015). Vid de senaste tio årens provfisken har minst 21 arter fångats (Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS, 2015), och totalt har 35 arter dokumenterats (Degerman & Ekman, 2004). I de västra delarna domineras fångsten i bottennäten av abborre, björkna och gös (Sonesten et al., 2013). I centrala och östra Mälaren domineras fångsten i bottennäten av abborre och mört (Sonesten et al., 2013). I de djupare delarna i centrala Mälaren finns främst lake, nors och siklöja.

Mälaren kan delas in i bassänger med olika egenskaper: västra Mälaren är relativt grund och näringsrik, medan de stora och djupa (upp till 40 m) fjärdarna i de centrala och östra delarna är på gränsen till oligotrofa (SLU, 2014). Totalfosforhalten på 0,5 m år 2012 uppmättes till 15 µg per liter (SLU, 2014).

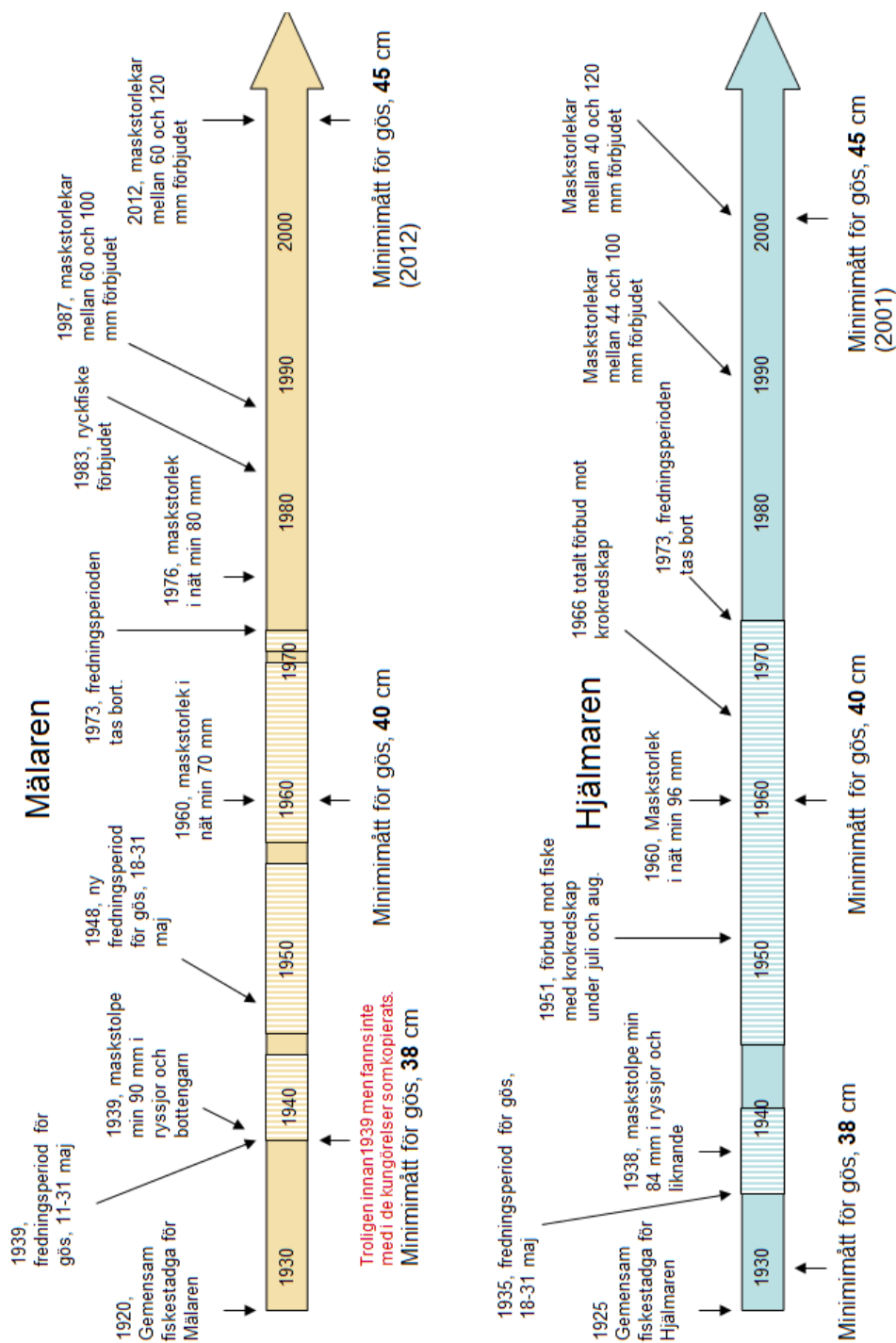


Figur 4. Mälaren och provtagningslokalerna. Under åren 1955-1978 provfiskades en lokal i Lambarfjärden, väster om Lambarudd (Svårdson, 1966). Från och med 2008 har Mälaren provfiskats med trål och provfiske nät (Beier, 2011; CEN, 2009) i Prästfjärden. Provtagning i yrkesfisket görs regelbundet i Prästfjärden från år 2008 (Beier, 2014a).

1.3.3 Fiske och fiskeförvaltning i Hjälmaren och Mälaren

Under 50-talet fanns kring 200 yrkesfiskare i Mälaren. I mitten på 80-talet var detta antal nere i 65 personer, och under 2000-talet hade antalet yrkesfiskare minskat till dryga 40-talet personer (Länsstyrelsen, 2005). För 100 år sedan var not- och långrev en vanlig fiskemetod, men nu fiskar man främst med nät med stora maskor (>10 cm) samt med bottengarn/ryssjor (Länsstyrelsen, 2005). Enligt Svårdson och Molin (1981) berodde den ökade mängden fångad gös under 1955-1978 på en högre tillförsel av näring, men gösfångsterna såg ut att variera konstant kring 130 kg per år och km².

Under 1900-talet har lagar och regler för fisket i Hjälmaren och Mälaren ändrats ett flertal gånger (Figur 5). År 1920 infördes en gemensam fiskestadga i Mälaren. Fem år senare kom en gemensam fiskestadga för Hjälmaren. Ett minimimått för gös infördes under 30-talet. Detta höjdes till 40 cm 1960, och till 45 cm 2001 (Hjälmaren) respektive 2012 (Mälaren). Fångsredskapens maskstorlekar har höjts i omgångar, med undantag för år 1960-1976 då gränsen för maskstorlek sänktes.



Figur 5. Tidslinje för fiskeregler i Hjälmaren och Mälaren. Information om förändring av fiskeregler har kompilerats av Malin Hällbom. (Beier, 2014b).

1.4 Mina frågeställningar

Syftet med mitt självständiga arbete är att undersöka vilka effekter ett fiske med minimimått har på tillväxt och könsmognad hos gös i två sinsemellan olika sjöar. I mitt arbete jämför jag nutida data med ett historiskt material från åren 1955-1978. Jag jämför även tillväxten i sjöarna under senare tid. Slutligen relaterar jag denna studie till andra studier på tillväxt och könsmognad, och vilka evolutionära effekter av fiske som studerats på andra fiskbestånd, samt diskuterar vilken inverkan andra faktorer såsom temperatur och näring, och eventuella förändringar i dessa parametrar, kan ha på bestånden.

1.4.1 Hypoteser

A. Tillväxt

- Gös växer långsammare nu (2010-2013) jämfört med förr (1955-1978)
- Gös i Hjälmaren växer snabbare än gös i Mälaren i nutid

B. Könsmognad

- Gösen är mindre vid könsmognad nu jämfört med förr
- Gösen är yngre vid könsmognad nu jämfört med förr

2 Material och metoder

2.1 Data på tillväxt, ålder och könsmognad

Data som ingår i mitt självständiga arbete om gös i Mälaren och Hjälmaren kommer från två tidsperioder. Den första tidsperioden sträcker sig från 1955 till 1978, en sammanhängande period på 24 år och med data från varje år. Den andra tidsperioden börjar år 2007 och sträcker sig fram till och med 2013, också med data från varje år från Hjälmaren, men för Mälaren finns data från år 2010. Analyserad ålder och tillväxt på gös från Hjälmaren från perioderna 1955-1978 och 2007-2009 fanns redan tillgängliga och datalagda. Jag har kompletterat datasetet med egna tillväxtmätningar och tillväxtberäkningar på insamlade och åldersbestämda vävnadsprover från åren 2010-2013 från både Hjälmaren och Mälaren.

Omgivningsvariablerna totalfosfor, siktdjup och temperatur har hämtats från Miljödata MVM (SLU, 2015) och spänner över åren 1964-2014. Totalfosfor, siktdjup och temperatur har för vissa år där det saknades i MVM-data kompletterats med data från Hjälmarens respektive Mälarens vattenvårdsförbund (Hjälmarens vattenvårdsförbund, 2012; Mälarens vattenvårdsförbund, 2014).

2.2 Data på fiskets uttag

Data över fångster i yrkesfisket (Mälaren 1964-2013, Hjälmaren 1966-2013) har hämtats från SCB (2014) och Havs- och vattenmyndigheten (2013).

2.3 Provtagning

2.3.1 Provfiske och provtagning 1955-1978

Mellan åren 1955-1978 provfiskades årligen Mellanfjärden i västra Hjälmaren och Lambarfjärden i östra Mälaren (Svårdson, 1966). Provfisket genomfördes från

mitten av september till början av oktober av samma person, Gösta Molin. Syftet med den långa tidsserien var att följa och försöka förstå orsaken till olika stora årsklasser kopplat till bytesarternas variation (Svårdson, 1966).

Hjälmar

I Mellanfjärden i västra Hjälmar (Figur 3) gjordes 10 ansträngningar under 10 dygn med 6 stycken 30 m långa och ca 1,5 m djupa nylonnät med 6 olika maskstorlekar (Tabell 1) i den första hälften av september. Djupet på lokalen var ca 1,5 meter och siktdjupet generellt mellan 30-40 cm, ibland mindre. Gösen bedömdes ha växt färdigt för säsongen. Antalet prover per år var 35-159 individer och tillbakaräkning gjordes på fjäll (Tabell 2). (Svårdson & Molin, 1981; Svårdson, 1966)

Mälaren

I östra Mälaren (Figur 4), i Lambarfjärden nordväst om Lovön (Ekerö kommun, Stockholms län), lades under samma tidsperiod 5 st. nylonnät (30 m långa, ca 6,1 m djupa) på 15-25 meters djup. Provfisket pågick under den första delen av oktober under 8 till 13 nätter. Antalet prover per år var 23-412 individer och tillbakaräkning gjordes på fjäll (Tabell 2). (Svårdson & Molin, 1981; Svårdson, 1966).

Tabell 1. Maskstorlekar (mm maskstolpe) i näten som användes vid provfisket i Hjälmar och Mälaren 1955-1978. Se Svårdson (1966).

varv per aln	Hjälmar	Mälaren
20	30	30
18	33	
16	38	38
13	45	45
11	55	55
9	65	65

2.3.2 Provtagning från yrkesfiske, nätprovfiske och trålning 2007-2013

Data från yrkesfisket i Hjälmar och Mälaren började samlas in av SLU år 2007 respektive 2008 i syfte att studera fiskets effekter på gösbestånd. Ett annat projekt på SLU, där man samlat in data på gös i sjöarna under åren 2007-2009, genomfördes i syfte att studera gösens beståndsstruktur i kombination med genetiska studier (Dannewitz et al., 2010).

Vidare trålar (vid ekoräkning) och nätprovfiskar SLU sjöarna mer eller mindre regelbundet sedan ca 2000-talet för datainsamling och beståndsuppskattningar av främst pelagiska arter.

Vid datainsamling från yrkesfisket i Hjälmarén och Mälaren följer personal från SLU med yrkesfiskaren ut på sjön när så kallade bottengarn (stora ryssjor med fångstarmar) vittjas, se Beier (2014a). Gös som fångats i redskapen mäts, räknas, och vägs om möjligt, direkt på båten och gös från olika redskap hålls isär. Av fisk som är mindre än minimimåttet mäts minst 100 individer vid varje redskapslokal. Övrig fisk räknas. Då fiskaren tar hand om den del av fångsten som är större än minimimåttet, mäts och vägs dessa individer när man kommer i land. Individer från både över och under minimimått väljs ut för analys på SLU, fördelat så att man så långt det är möjligt får prover representerade från varje längdklass.

Data från två provfisken år 2011 i Mälaren (Tabell 2) har följt metodiken för kustprovfisken (Beier, 2011). Data från trålfångsten har ingått i den årliga ekoräkningen av Mälaren (Tabell 2) (CEN, 2009).

Övriga uppgifter som samlas in är redskapens geografiska positioner (koordinater), namn på lokal, djup som redskapet ligger på, effektiv maskstorlek, hur många dygn det legat ute samt vattentemperatur (om det finns tillgängligt).

Provtagning av insamlad material

Delprovorna analyseras så snart som möjligt efter hemkomst, eller fryses ned och plockas fram för analys senare. Proverna mäts, vägs, man tar åldersprover (otoliter och fjäll) samt bestämmer kön och gonadernas mognadsgrad. För ytterligare information om provtagning av gös hänvisas till SLU (2012), och för ytterligare information om könsbestämning samt gonadernas mognadsgrad hänvisas till Kylberg (2009). Otoliter och fjäll läggs i en provpåse tillsammans med alla uppgifter om individen. Provpåsarna förvaras i arkiv och plockas fram vid åldersläsning och tillväxtmätningar.

2.4 Urval av data och vävnader för tillväxtmätning

Jag valde ut data från åren 2007-2013, med hänsyn till att årstid och område skulle vara jämförbara med data från 1955-1978 (Tabell 2). Eftersom Hjälmarén kan betraktas som en enda bassäng, och proverna samlats in från centrala Hjälmarén, har inget urval på lokal gjorts i senare års data. Data från Mälaren i modern tid kommer från områden kring norra delen av Adelsö i östra Mälaren. Lambarfjärden, som provfiskades 1955-1978, ligger även den i den östra delen av Mälaren.

Jag har valt ut 275 gösar från Mälaren, och 251 gösar från Hjälmarén för tillväxtberäkningar. Gösarna har fångats i samband med yrkesfiske, nätprovfiske samt ekoräkning under 2010-2013. Mitt urval begränsas av individer som fångats under i stort sett samma tidsperiod under året, med ett tidsspann på 41 dagar (30 augusti – 9 oktober) och på lokaler i samma bassäng.

Tabell 2. *Antal tillväxtmätningar som ingår i analyserna. Data från åldersdatabasen på SLU, institutionen för akvatiska resurser. Mina egna mätningar är gjorda på data från 2010-2013.*

År	Datum	Hjälmaren	Mälaren	Summa	Insamlingsmetod
1955	sept.-oktober	35	52	87	provfiskenät
1956	sept.-oktober	134	23	157	provfiskenät
1957	sept.-oktober	75	97	172	provfiskenät
1958	sept.-oktober	63	87	150	provfiskenät
1959	sept.-oktober	67	94	161	provfiskenät
1960	sept.-oktober	44	138	182	provfiskenät
1961	sept.-oktober	38	145	183	provfiskenät
1962	sept.-oktober	44	67	111	provfiskenät
1963	sept.-oktober	101	100	201	provfiskenät
1964	sept.-oktober	111	77	188	provfiskenät
1965	sept.-oktober	69	50	119	provfiskenät
1966	sept.-oktober	120	45	165	provfiskenät
1967	sept.-oktober	51	46	97	provfiskenät
1968	sept.-oktober	133	412	545	provfiskenät
1969	sept.-oktober	123	303	426	provfiskenät
1970	sept.-oktober	96	204	300	provfiskenät
1971	sept.-oktober	92	105	197	provfiskenät
1972	sept.-oktober	87	208	295	provfiskenät
1973	sept.-oktober	82	145	227	provfiskenät
1974	sept.-oktober	93	130	223	provfiskenät
1975	sept.-oktober	159	211	370	provfiskenät
1976	sept.-oktober	112	122	234	provfiskenät
1977	sept.-oktober	46	75	121	provfiskenät
1978	sept.-oktober	75	52	127	provfiskenät
Summa 1955-1978		2 050	2 988	5 038	
2007	11, 19 sept.	99		99	bottengarn
2008	2, 9 sept.	145		145	bottengarn
2009	15 sept.	78		78	bottengarn
2010	15, 16, 21, 26 sept.	95	96	191	bottengarn
2011	5, 19, 22 sept.		75	123	bottengarn
2011	30 aug, 21 sept.		48		provfiskenät
2011	28 sept.	65		65	bottengarn
2012	20 sept.		17	17	trål
2012	27 sept.	29		29	bottengarn
2013	2, 9 okt	62	39	101	bottengarn
S:a 2007-2013		573	275	848	
S:a mina tillväxtmätningar 2010-2013		251	275	526	
S:a alla prover		2 623	3 263	5 886	

2.5 Åldersbestämning och tillväxtberäkningar av gösprover

Provtagen gös från Mälaren och Hjälmaren har åldersbestämts av personal på ålderslaboratoriet på sötvattenslaboratoriet vid Drottningholm, institutionen för akvatiska resurser, SLU. Jag har själv åldersbestämt 526 gösar. Metodiken finns beskriven i (SLU, 2012) och (SLU, 2011). Nedan följer en beskrivning av åldersbestämning av otoliter och fjäll från gös, samt metodiken för tillväxtmätning respektive tillväxtberäkning och tillbakaräkning av gösfjäll.

2.5.1 Åldersbestämning av gös

Gös åldersbestäms i första hand med hjälp av otoliter. I de fall där åldern på otoliten är osäker, har analyserna kompletterats med läsningar av fjäll. Otoliter och fjäll är mineraliserade hårda vävnader, och växer i takt med att fisken växer. Fiskens ämnesomsättning av kalcium och fosfat påverkar fjällen mer än otoliterna. Eftersom otoliter i mindre utsträckning påverkas av förändringar i fiskens tillväxt än andra vävnader, används de för en säkrare åldersbestämning. Fjällens tillväxt påverkas i större utsträckning av förändringar i miljön, till exempel temperaturskiftningar, och slutar fisken att växa blir årsringarna tätare. En äldre fisk som slutat växa kan vara svår att åldersbestämma endast utifrån fjäll.

Metod för åldersbestämning av otoliter från gös

En otolit består av ett nätverk av kalciumkarbonat och proteiner som skapar lager på lager utifrån otolitens kärna. Oavsett om fisken växer eller inte, växer alltid otoliten. På vintern, eller när det är kallt, bildas vinterzoner som kan liknas vid årsringar på träd. Vinterzonerna är genomskinliga på gösens otoliter, i motsats till tillväxtzonerna som är ogenomskinliga. Vinterzonerna är mer eller mindre tydliga och ser ut som mörka ringar, och de ljusa områdena motsvarar fiskens tillväxtperioder. Fiskens ålder får man om man räknar vinterzonerna. Om otoliten har en synlig vinterzon, och en tydlig påbörjad ny tillväxtsäsong, är fisken således kläckt under föregående sommar, har levt en vinter fram till dess den fångades. Den betecknas då som 1 år, eller 1+ där plustecknet anger den sista tillväxtperioden. Vidare är fisken 2 år om man ser två vinterzoner, och så vidare.

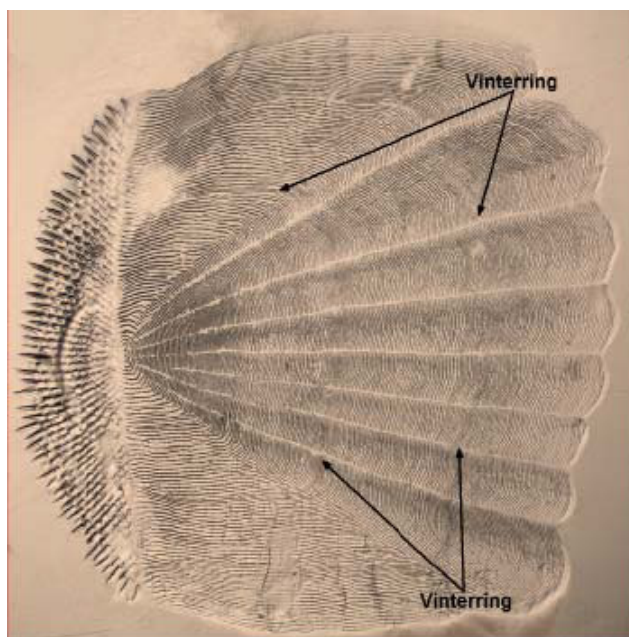
Först prepareras otoliterna så att åldersringarna framträder tydligare. Provet bränns över en spritlåga och delas på mitten så att man kan se årsringarna på brottytan (Figur 6). Otolithalvorna sätts fast i en liten behållare med häftmassa, och behållaren fylls med vatten som täcker provet. Åldersbestämning av otoliter gjordes i stereolupp (Leica M50), med en förstoring på mellan 20 och 50 gånger.



Figur 6. Bränning av otolit över spritlåga (översta bilden) samt delning av otolit genom kärnan. Foto: Sötvattenslaboratoriet. Ur:

Åldersbestämning med fjäll från gös

Gös har så kallade ctenoida fjäll, med en vågig ytterkant, och utskott baktill som fäster fjället i fiskens hud (Figur 7). Fjäll består av ett övre lager och en undre basalplatta. Det övre lagret växer från ett centrum och ut mot kanterna, medan det undre lagret växer i tjocklek.



Figur 7. Där linjerna, striorna, ligger tätt anges vinterzonen, eller årsringen. Foto: Sötvattenslaboratoriet. 9 Metodhandbok för åldersbestämning av fisk. Metodhandbok Ålder 20120630.

I fjällets övre lager skapas *strior* allteftersom fisken och fjället växer, striorna syns i mikroskop och ser ut som ringformade linjer mot en ljusare bakgrund. Striornas täthet visar fiskens tillväxthastighet, där större mellanrum mellan striorna visar på snabbare tillväxt, och mindre avstånd visar på långsammare tillväxt. Äldre fiskar växer inte lika mycket som yngre individer, och strior i både vinterzoner och tillväxtzoner sitter då tätare (Figur 7). Temperatur och årstid, tillgång till föda och ämnesomsättning samt tillväxt av gonader påverkar fiskens tillväxt och därmed också fjällen.

Preparering av fjäll för ålders- och tillväxtstudier

Fjällprover prepareras genom att ett avtryck görs genom att fjället manglas på en plastplatta (Figur 8). Denna plastplatta studeras sedan i mikroskop. Riktigt små fjäll är svåra att hantera och läses enklast direkt i mikroskopet. På ålderslaboratoriet, Sötvattenslaboratoriet, används en mikrofiche, ett mikroskop med förstoring till stor skärm, för att läsa av fjällens vinterzoner.



Figur 8. Gösfjäll från Mälaren läggs på en plastplatta. Plast och fjäll manglas tillsammans. Fjällens strior och vinterzoner gör avtryck i plastplattan. Foto: Birgitta Ekstrand, SLU.

Inlärnin g av åldersbestämning och tillväxtmätning av fjäll

Vid en första anblick av ett fjällprov framträder ett virrvarr av strior, och det tar ett tag att se tillväxt, mönster och ålder. Här följer en beskrivning av hur jag tillsammans med ålderslaboratoriet kvalitetssäkrade min åldersläsning.

Jag läste först 30 fjäll under kontroll av erfaren personal på ålderslaboratoriet, och tveksamheter diskuterades. Efter en genomgång av dessa 30 fjäll, läste jag samma fjäll en gång till utan att ha tidigare bestämningar tillgängliga. Läsningarna jämfördes, och ytterligare en läsning utfördes av de fjäll som jag bedömde som svåra eller om jämförelserna mellan läsningarna inte stämde överens. Jag konsulterade personal vid varje tveksamhet, så att inga läsningar skulle vara gissningar utan kännas som säkra bedömningar. Jag antecknade alla eventuella osäkerheter och när jag var klar med läsning av alla fjäll gick jag slutligen igenom alla osäkra bedömningar tillsammans med personal på ålderslaboratoriet. Ett fåtal fjäll valdes bort och var svåra även för experterna. Se beskrivning av läsning av gösfjäll i SLU (2012).

Alla individer var sedan tidigare åldersbestämda med hjälp av otoliter. Individerna fanns således registrerade med ålder och tillhörande uppgifter i ålderslaboratoriets åldersdatabas. För att kontrollera att min läsning stämde med tidigare åldersbestämning jämförde jag alltid min uppmätta "fjäll-ålder" med otolitåldern, men först i efterhand. I de flesta fall, utom för de äldsta fiskarna, stämde min läsning av fjället med åldersläsningen av otoliterna. Fem otolit-åldrar som bestämts utifrån otoliterna korrigerades utifrån mina fjäll-åldrar.

Åldersläsning och tillväxtmätning av fjäll

Jag mätte fjällens tillväxtzoner med ett digitalt skjutmått (av märket Mitutoyo) monterat på mikroskopet (Figur 9). Måtten registrerades direkt i ett Excelblad i tillkopplad dator vid tryckning på en knapp på skjutmättet. Varje registrering gjordes i vinterzonens mitt. Åldern räknades automatiskt fram i en egen kolumn. Måt-

ten i mikrofichen kalibrerades med en standardiserad millimeterplatta, så att måttenheterna som registrerats i datorn från mikrofichen kunde räknas om till millimeter utefter den förstoring jag använt (29,7 gånger).



Figur 9. Fjällens ålder och tillväxt studeras i mikroskop (Microfiche) med 29,7gångers förstoring. Med ett skjutmått mäter man avstånden mellan fjällets centrum, vinterzoner och ytterkant. Foto: Tanja Martins, SLU.

Eftersom alla individer jag valt att analysera fångades i september/oktober, syntes en sista tydlig vinterzon och en relativt bred och väl synlig tillväxtzon som motsvarar tillväxt under vår-sommar-höst fram till fångstdatumet.

Mina registrerade fjällmått i Excel-filen kontrollerades med rutiner för kvalitets-säkring i programmet SPSS Statistics 22.0 (Corp., 2013), så att fel och extrema längder kunde upptäckas. Tre fel, där längden som registrerats i Excel tappat en decimal, identifierades och rättades. När filen korrigerats med de rätta måtten lagrades tillväxtdata i åldersdatabasen.

2.5.2 Beräkningar av tillväxt per år – tillbakaräkning

För att omvandla fjällets tillväxt till värden som motsvarar fiskens tillväxt gjorde jag en så kallad tillbakaräkning. De mått för fjällets vinterzoner som jag hade registrerat i mikroskop, omvandlades då till längder som motsvarar fiskens längd vid de olika tillväxtsåsongerna.

Förhållandet mellan fisklängd per tillväxtsåsong och fjällets slutlängd antas vara linjärt enligt Fraser-Lee-metoden (Ruuhijärvi et al. (1996)):

$$L_{\text{age}} = 44 + (L_{\text{tot}} - 44) \cdot (F_{\text{age}}/F_r)$$

där

L_{age} = fiskens längd vid en viss ålder

L_{tot} är fiskens längd vid fångst (mm)

F_{age} = fjällets längd vid en viss ålder (avståndet mellan fjällets kärna och vinterzonen)

F_r = fjällets radie

2.6 Statistiska analyser

2.6.1 Förberedande tester

Jag har använt mig av SPSS (Corp., 2013) i mina statistiska analyser. Jag testade först om värden på längd vid ålder var normalfördelade med Kolmogorov-Smirnov one-sample test. Då fördelningen var signifikant skilda från normalfördelning transformerades värdena enligt $y = \ln(x)$. I analyserna har således ln-transformerade längder använts. Vidare testade jag om tillväxt vid ålder skiljde sig åt mellan hanar och honor. Då detta var fallet i Hjälmarén gjorde jag analyser separat för kön. Likaså testade jag om värdena för omgivningsvariablerna samt yrkesfiskets uttag var normalfördelade. Icke normalfördelade data ln-transformerades.

2.6.2 Test av tillväxt mellan tidsperioderna

För test av min hypotes att gös i Hjälmarén och Mälaren växer långsammare nu (2007-2013) jämfört med förr (1955-1978), ville jag undersöka hur storlek (längd (mm)) vid ålder av gös förändrats mellan tidsperioderna för olika sjöar och kön separat. Jag har använt mig av en statistisk analysmodell som kallas för mixed model ANOVA. Den tar hänsyn till att den beroende variabeln längd (individens längd vid fångst samt individens tillbakaräknade längder från tidigare år) ingår i upprepade försök ("repeated measures design"). Förklaringsvariabler i modellen är individens ålder, samt tidsperiod. Eftersom fiskens längd vid en viss ålder inte är oberoende av föregående ålders längd (en individ bidrar ju med flera längdvärden i datasetet), skattar modellen korrelationen mellan de mätningar man har för individuella fiskar och justerar för den korrelationen. Modellen skattar också interaktionen mellan gösindividens ålder och tidsperiod. Jag gjorde en post-hoc-analys för att se vilka tidsperioder som var signifikant skilda med avseende på storlek vid ålder, för olika åldersgrupper.

Jag delade upp datamaterialet i fyra tidsperioder:

Tidsperiod 1	1955-1962	(fisk som kläckts fr.o.m. 1939)
Tidsperiod 2	1963-1970	
Tidsperiod 3	1971-1978	
Tidsperiod 4	2007-2013	(fisk som kläckt fr.o.m. 1998)

Tidsperioderna om vardera åtta år under 1955-1978 är valda för att omfatta ca en gösgeneration. Den senaste perioden (Tidsperiod 4) omfattade data från gösar som samlats in 2007-2013 i Hjälmaren och 2010-2013 i östra Mälaren. Vid analys av längd inkluderades således fisk som kläckts från och med år 1939 i period 1, men som fångats år 1955. Då mycket unga och äldre fiskar förekommer sparsamt, inkluderades inte individer äldre än 6 år i analysen. I följande text, samt i de tabeller och figurer där variabeln ålder anges menas antal tillväxtsånger, eftersom fiskarna är fångade på hösten.

2.6.3 Test av könsmognad mellan tidsperioderna

Proportionerna av göshonor respektive göshannar i olika åldersklasser som uppnått könsmognad i tidsperiod 1 jämfördes med motsvarande proportioner i tidsperiod 4 och testades med ett ”independent samples t-test för oberoende stickprov inkluderande Levene’s test för variansers homogenitet ” (students t-test). Eftersom fiskar yngre än 2 år inte fångats representativt och fiskar äldre än 6 år var ovanliga så valdes dessa bort för denna analys.

2.6.4 Omgivningsvariabler och fiskets uttag

Jag använde mig av linjär regression för att testa om kringvariabler (siktdjup, totalfosfor, temperatur) respektive yrkesfiskets uttag förändrats över tid (år). Då värden för siktdjup inte var normalfördelade med Kolmogorov-Smirnov-test, ln-transformerades de (Tabell 20 (Appendix)), liksom de variabler som inte skiljde sig från en normalfördelning i testet. Värden för yrkesfiskets uttag av gös var inte normalfördelat. Därefter kontrollerade jag normalfördelningen igen med one-sample Kolmogorov-Smirnov testet, och alla värden var nu normalfördelade (Tabell 21 (Appendix)). De logariterade värdena användes i alla statistiska modeller.

3 Resultat

3.1 Förberedande tester

Test av normalfördelning

Data över längd vid ålder var inte normalfördelad, (1-sample Kolmogorov-Smirnov, $P \leq 0,001$ för både Hjälmarén och Mälaren) varvid ln-transformerade värden för längd och tillväxt användes.

Test om tillväxt beror av kön

Honor och hanar i sjöarna växte olika i Hjälmarén (Tabell 3) men inte i Mälaren (Tabell 4). Därför gjordes alla tester på honor och hanar separat för tillväxt och könsmodnad.

Tabell 3. *Hjälmarén: Resultat från mixed model ANOVA där ln-transformerade göslängder testades mot de oberoende variablerna tidsperiod (fyra st. årsintervall), kön samt individernas ålder.*

Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Tidsperiod	3	5487,692	99,703	0,000*
Ålder	5	8473,242	34855,405	0,000*
Kön	1	3046,987	3,916	0,048*
Ålder × Kön	5	8260,261	0,608	0,694
Ålder × Tidsperiod	15	8368,403	48,733	0,000*

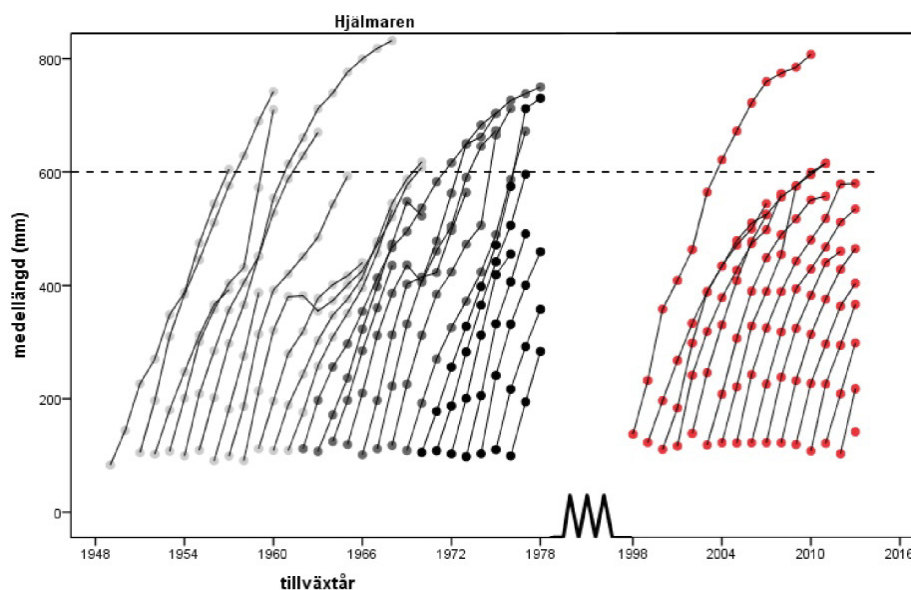
Tabell 4. Mälaren: Resultat från mixed model ANOVA där ln-transformerade göslängder testades mot de oberoende variablerna tidsperiod (fyra st. årsintervall), kön samt individernas ålder.

Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Tidsperiod	3	6178,563	59,588	0,000*
Ålder	5	10778,905	30027,563	0,000*
Kön	1	3944,441	0,157	0,692
Ålder × Kön	5	10805,318	0,280	0,924
Ålder × Tidsperiod	15	10753,994	61,831	0,000*

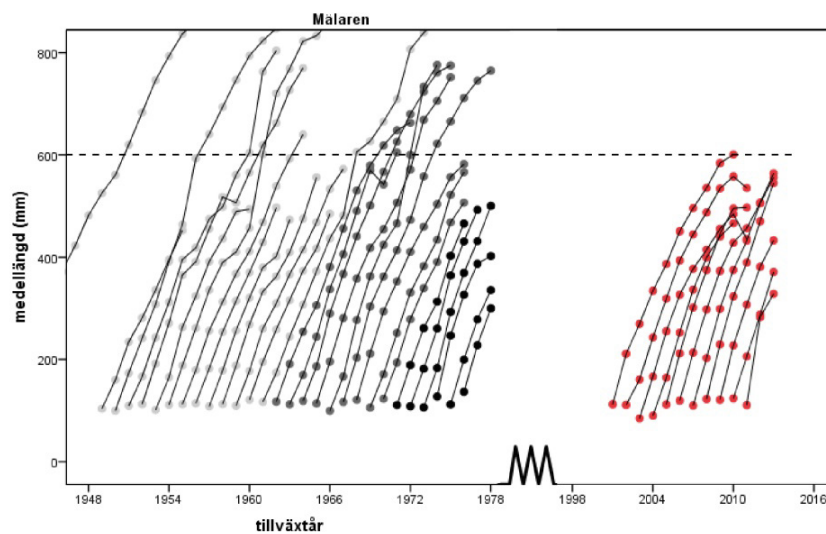
3.2 Tillväxt

3.2.1 Tillväxtmönster för gös i Hjälmaren och Mälaren 1955-2013

Tillväxtmönster hos gös i Hjälmaren (Figur 10) och Mälaren (Figur 11) visade att få fiskar blev äldre än 9 år under tidsperioden 1998-2013. Detta har dock inte testats statistiskt. Fisk längre än 60 cm ser ut att vara sparsamt förekommande under den senare tidsperioden (Figur 10-11), men detta har inte testats statistiskt.



Figur 10. Tillbakaräknad tillväxt av gös i Hjälmaren mellan åren 1949-2013. Data och tillbakaräknade längder från gös fångad under tidsperioderna: ● = 1955-1962, ● = 1963-1970, ● = 1971-1978, och ● = 2007-2013.



Figur 11. Tillbakaräknad tillväxt av gös i Mälaren mellan åren 1939-2013. Data och tillbakaräknade längder från gös fångad under tidsperioderna: ● = 1955-1962, ● = 1963-1970, ● = 1971-1978, och ● = 2007-2013.

3.2.2 Skillnader i tillväxt under tidsperioderna 1955-1978 och 2007-2013

Tillväxt vid ålder och kön

Tillväxt vid ålder skiljde sig signifikant åt för kön i Hjälmaren (Tabell 3) men inte i Mälaren (Tabell 4). Tillväxt analyserades därför separat för både Hjälmaren och Mälaren.

Min hypotes att gös i Hjälmaren och Mälaren växer långsammare nu (2007-2013) jämfört med förr (1955-1978) kunde förkastas. Tvärtom växte både honor (Tabell 5 och 7, Figur 12 och 14) och hanar (Tabell 6 och 8, Figur 13 och 15) fortare under tidsperiod 4 (2010-2013) jämfört med tidsperioderna 1-3. Medellängderna var generellt sett signifikant större för period 4, jämfört med tidsperiod 1-3 (Tabell 5-8, Figur 12-15).

En post-hoc-analys (Tabell 18) visade var skillnaderna i medellängderna mellan perioderna för ålder och kön var signifikanta. Gös från period 4 hade signifikant större medellängder i alla åldrar jämfört med gös från tidsperiod 1 och 2 (Tabell 18 (Appendix)). I jämförelsen mellan tidsperiod 3 och 4 var medellängden under den senare tidsperioden signifikant större i åldersklasserna 1-5, med undantag för 6-åriga individer, samt 5-åriga hanar i Hjälmaren (Tabell 18, Appendix). I jämförelsen mellan tidsperiod 1 och 2 var medellängden signifikant mindre för göshonor i åldern 4-6 år ((Tabell 18 i Appendix).

Tabell 5. *Hjälmarén honor: Resultat från mixed model ANOVA där tillväxt (göslängder) (ln-transformerade) är beroende variabel och oberoende variabler är ålder, de fyra olika tidsperioderna, samt interaktionen tidsperiod och ålder.*

Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	1752,509	2691642,312	0,000
Tidsperiod	3	2714,805	44,847	0,000
Ålder	5	4215,320	16792,541	0,000
Tidsperiod × Ålder	15	4171,874	26,219	0,000

Tabell 6. *Hjälmarén hanar: Resultat från mixed model ANOVA där göslängder (ln-transformerade) är beroende variabel och oberoende variabler är ålder, de fyra olika tidsperioderna, samt interaktionen tidsperiod och ålder.*

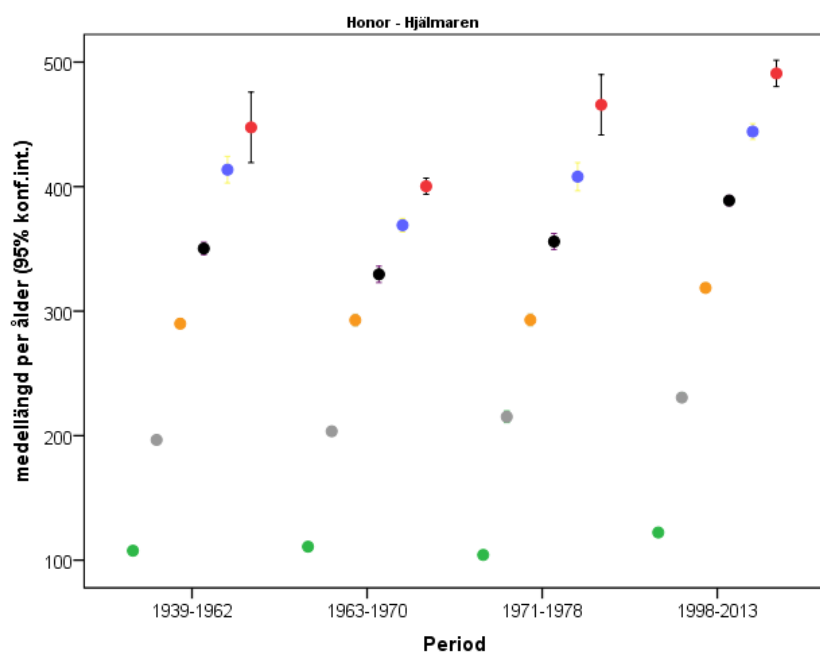
Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	1927,128	2610099,613	0,000
Tidsperiod	3	2810,247	56,165	0,000
Ålder	5	4244,513	17837,567	0,000
Tidsperiod × Ålder	15	4183,154	23,747	0,000

Tabell 7. *Mälaren honor: Resultat från mixed model ANOVA där göslängder (ln-transformerade) är beroende variabel och oberoende variabler är ålder, de fyra olika tidsperioderna, samt interaktionen tidsperiod och ålder.*

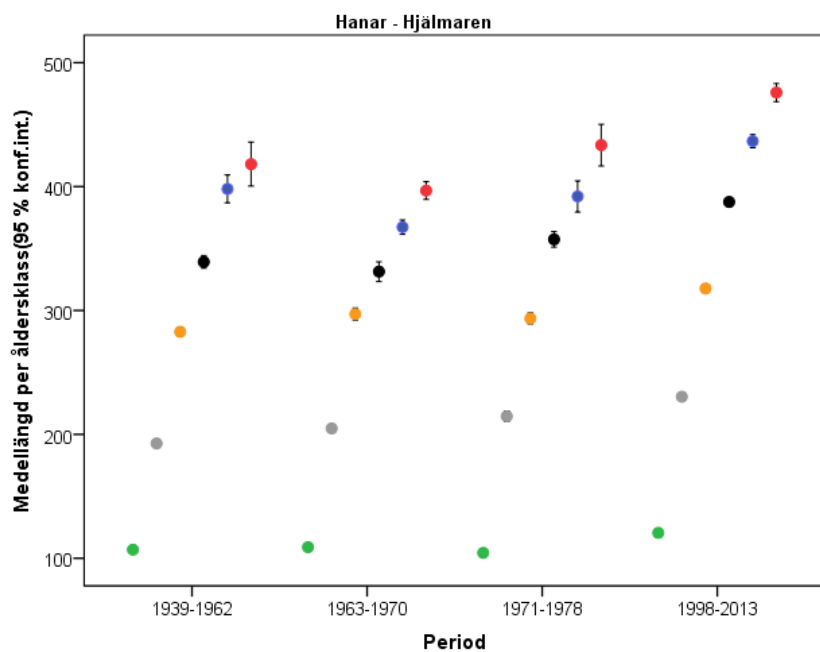
Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	1910,952	2832545,486	0,000
Tidsperiod	3	3159,890	40,341	0,000
Ålder	5	5448,380	16950,089	0,000
Tidsperiod × Ålder	15	5426,664	38,863	0,000

Tabell 8. *Mälaren hanar: Resultat från mixed model ANOVA där göslängder (ln-transformerade) är beroende variabel och oberoende variabler är ålder, de fyra olika tidsperioderna, samt interaktionen tidsperiod och ålder.*

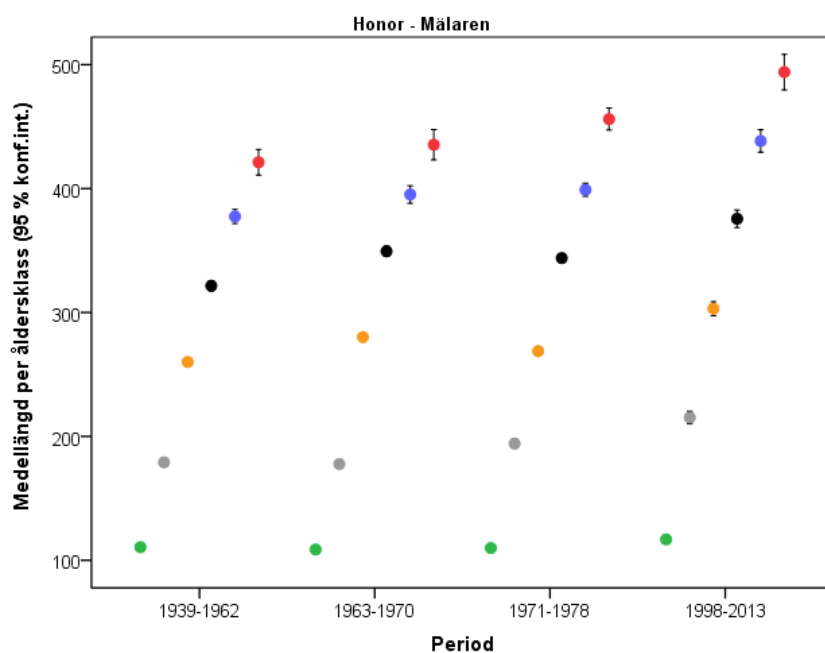
Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	1793,353	2067674,171	0,000
Tidsperiod	3	2991,108	21,003	0,000
Ålder	5	5301,568	12407,643	0,000
Tidsperiod × Ålder	15	5310,141	24,382	0,000



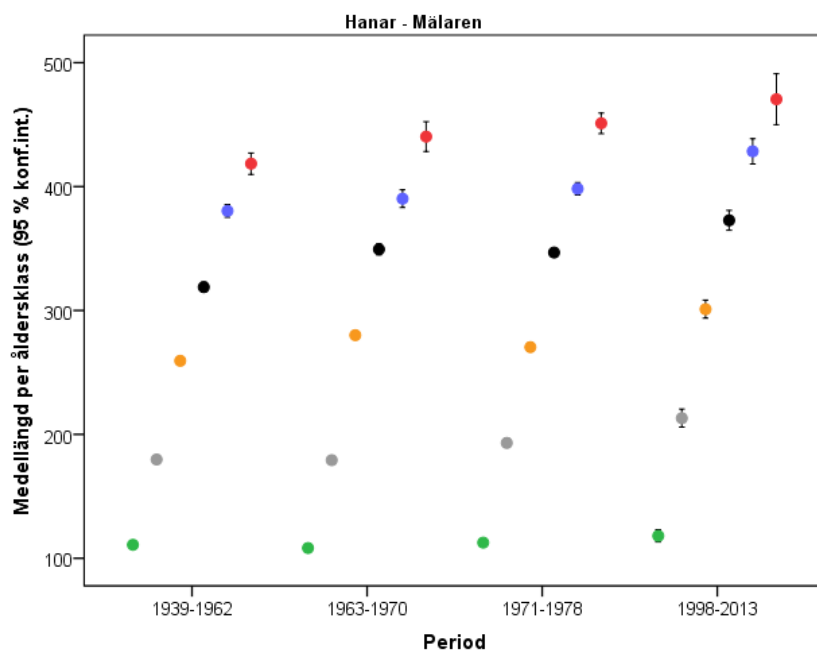
Figur 12. Tillbakaräknade medellängder på göshonor i Hjälmaren per årsklass (● = 1 år, ● = 2 år, ● = 3 år, ● = 4 år, ● = 5 år, ● = 6 år) och data från fyra tidsperioder (1939-1962, 1963-1970, 1971-1978, 1998-2013). Felstaplar visar medelvärkets 95 % konfidensintervall.



Figur 13. Tillbakaräknade medellängder på göshanar i Hjälmaren per årsklass (● = 1 år, ● = 2 år, ● = 3 år, ● = 4 år, ● = 5 år, ● = 6 år) och data från fyra tidsperioder (1939-1962, 1963-1970, 1971-1978, 1998-2013). Felstaplar visar medelvärkets 95 % konfidensintervall.



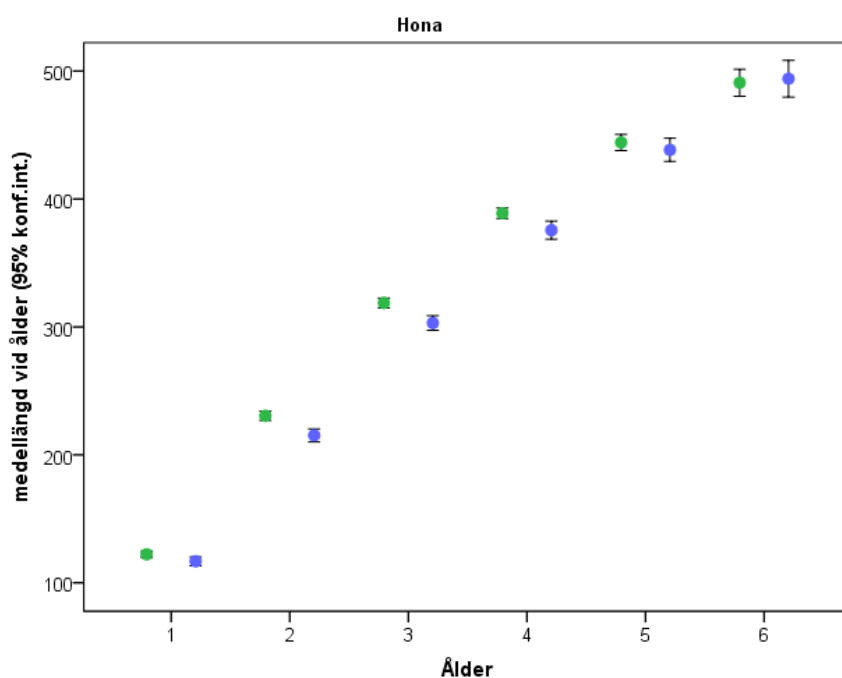
Figur 14. Tillbakaräknade medellängder för göshonor i Mälaren per årsklass (● = 1 år, ● = 2 år, ● = 3 år, ● = 4 år, ● = 5 år, ● = 6 år) och data från fyra tidsperioder ((1949) 1955-1962, 1963-1970, 1971-1978, 2001-2013). Felstaplar visar medelvärdeets 95 % konfidensintervall.



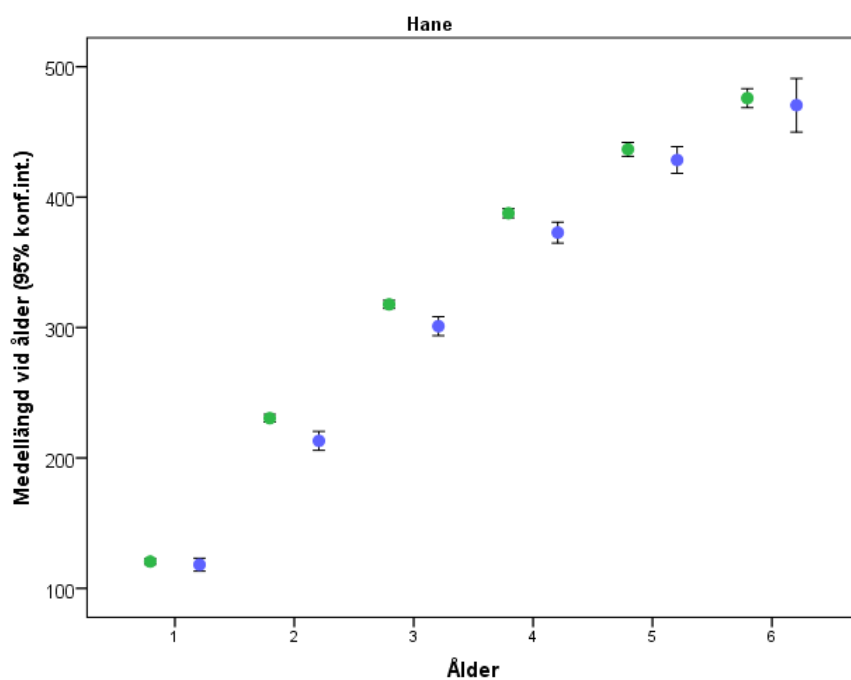
Figur 15. Tillbakaräknade medellängder för göshanar i Mälaren per årsklass (● = 1 år, ● = 2 år, ● = 3 år, ● = 4 år, ● = 5 år, ● = 6 år) och data från fyra tidsperioder ((1949) 1955-1962, 1963-1970, 1971-1978, 2001-2013). Felstaplar visar medelvärdeets 95 % konfidensintervall.

3.2.3 Skillnader i tillväxt mellan Hjälmaren och Mälaren mellan 1998-2013

Resultaten stödjer min hypotes att gös i Hjälmaren växte snabbare än gös i Mälaren i den senaste tidsperioden (1998-2013). Ett post-hoc-test visade att en skillnad i medellängder fanns för tvåårig gös (honor och hanar) där tvåårig gös i Hjälmaren växte snabbare än tvåårig gös i Mälaren (Figur 16-17, Tabell 9-10, Tabell 19 (Appendix)).



Figur 16. Tillbakaräknade medellängder på göshonor i Hjälmaren (●) och Mälaren (●), per årsklass, under modern tid (2010-2013). Felstaplar visar medelvärkets 95 % konfidensintervall.



Figur 17. Tillbakaräknade medellängder på göshanar i Hjälmaren (●) och Mälaren (●), per årsklass, under modern tid (2010-2013). Felstaplar visar medelvärkets 95 % konfidensintervall.

Tabell 9. Resultat från test av skillnad mellan *göshonors* medellängder (ln-transformerade) i modern tid i Hjälmaren och Mälaren, oberoende variabler ålder och tidsperiod (mixed model ANOVA).

Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	280,255	433542,361	0,000
Sjö	1	280,255	1,460	0,228
Ålder	5	976,446	4856,281	0,000
Sjö × Ålder	5	976,446	9,293	0,000

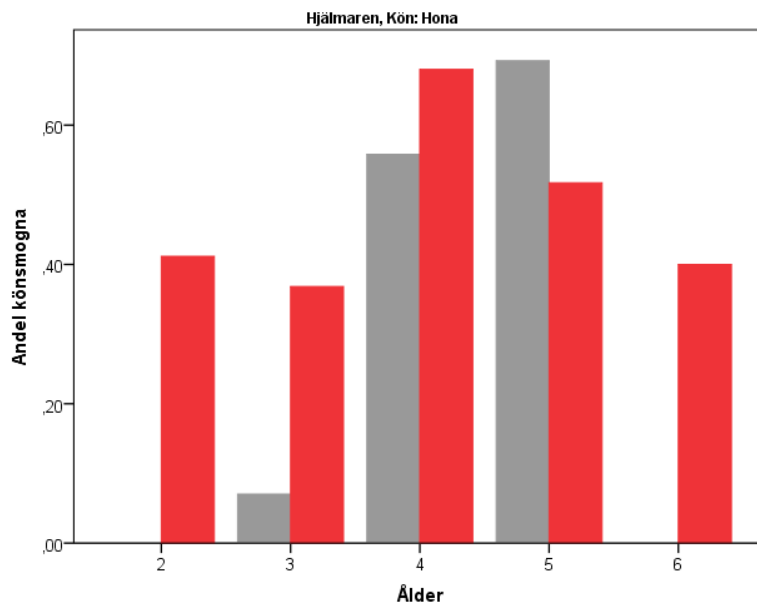
Tabell 10. Resultat från test av skillnad mellan *göshanars* medellängder (ln-transformerade) i modern tid i Hjälmaren och Mälaren, oberoende variabler ålder och tidsperiod (mixed model ANOVA).

Source of variation	dF	Denominator df	F	P
Intercept	1	200,606	408608,767	0,000
Sjö	1	200,606	,301	0,584
Ålder	5	822,097	4425,923	0,000
Sjö × Ålder	5	822,097	10,590	0,000

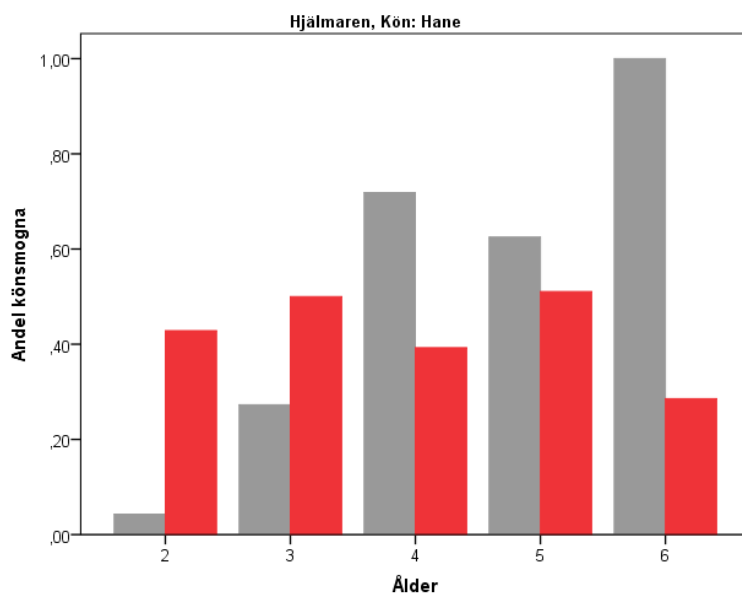
3.3 Könsmognad

Andelen köns mogna honor respektive hanar per åldersklass (2-6) i Hjälmaren och Mälaren under tidsperiod 1 (1955-1963) respektive tidsperiod 4 (2010-2013) presenteras i Figur 18-21. Andelen köns mogna hanar och honor ser ut att öka med åldern för gös i tidsperiod 1. I tidsperiod 4 ser andelen köns mogna individer ut att vara jämnare fördelad under de år det finns köns mogna individer. Köns mogna individer uppträder också med större andel vid yngre ålder, i åldersklass 2 och 3, i tidsperiod 4 jämfört med tidsperiod 1.

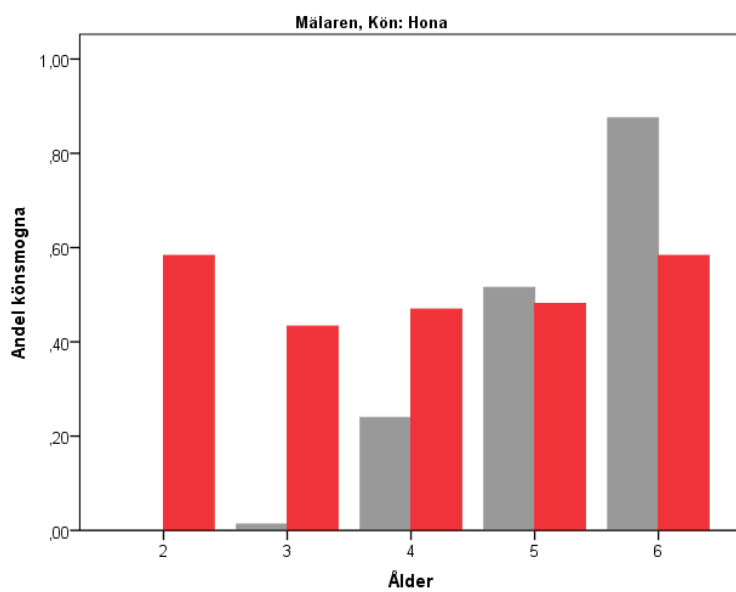
Fördelningen av andelar köns mogna hanar och honor skilde sig åt mellan perioderna vid jämförelse med Levene's Test for Equality of Variances ($p < 0,05$) med undantag för hanar i Mälaren ($p = 0,061$). Medelvärden av andelar köns mogna mellan perioderna skilde sig ej (t-test, $p > 0,05$).



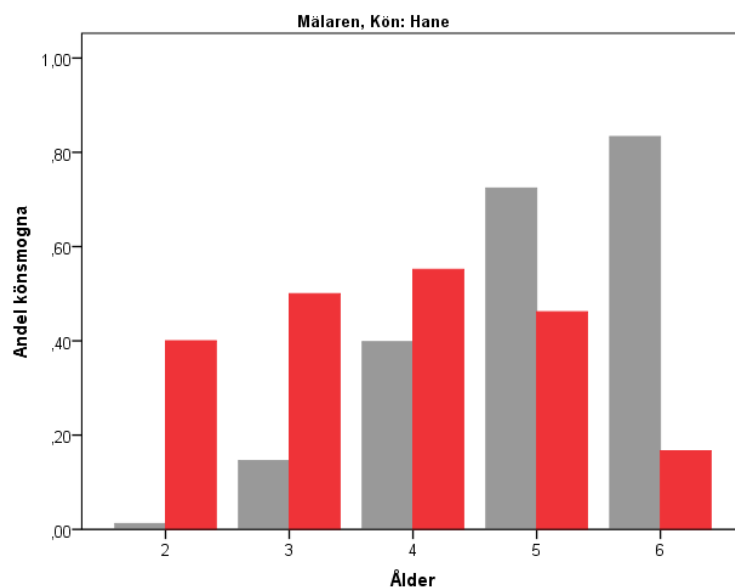
Figur 18. Andel köns mogna honor i Hjälmaren under tidsperioderna 1955-1962 (■) respektive 2010-2013 (■).



Figur 19. Andel köns mogna hanar i Hjälmarén under tidsperioderna 1955-1962 (■) respektive 2010-2013 (■).



Figur 20. Andel köns mogna honor i Mälaren under tidsperioderna 1955-1962 (■) respektive 2010-2013 (■).



Figur 21. Andel köns mogna hanar i Mälaren under tidsperioderna 1955-1962 (■) respektive 2010-2013 (■).

3.4 Förändringar i omgivningsvariabler

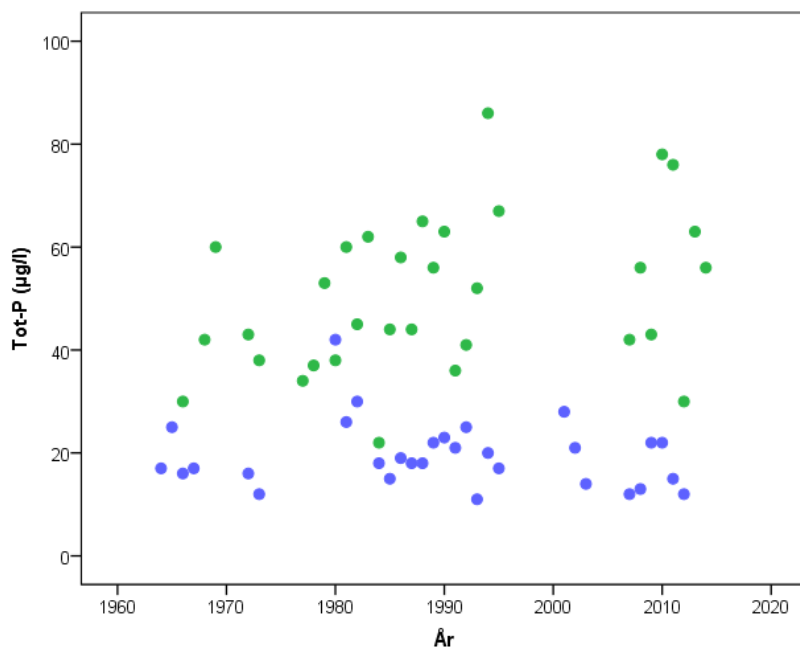
Beskrivande statistik för omgivningsvariablerna presenteras i Tabell 11-12. När jag undersökte om variablerna varierat över tid, visade en linjär regression (ln-transformerade, ANOVA) inget samband mellan totalfosfor och tid, men att siktdjupet i Mälaren har minskat signifikant, samt att temperaturen i Mälaren har ökat signifikant över tid (Figur 22-24, Tabell 13).

Tabell 11. Beskrivande statistik för omgivningsvariablerna för Hjälmaren – totalfosfor ($\mu\text{g/l}$), siktdjup(m) och temperatur ($^{\circ}\text{C}$) under åren 1964-2014.

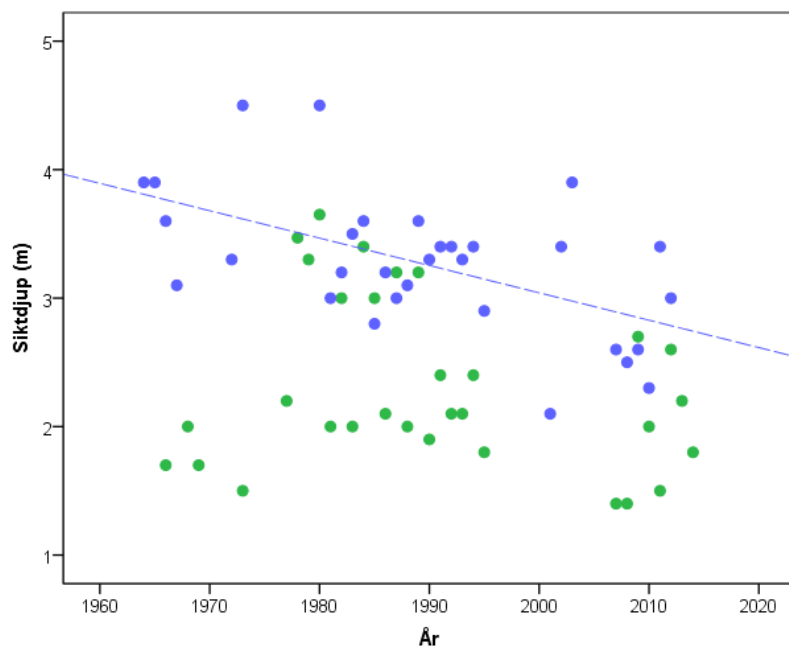
	N	Minimum	Maximum	Medelvärde	Standardavv.
Tot-P ($\mu\text{g/l}$)	32	22,0	86,0	50,625	15,0499
Siktdjup (m)	31	1,40	3,65	2,3135	0,66171
Vattentemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	33	16,2	21,5	18,806	1,2252

Tabell 12. Beskrivande statistik för omgivningsvariablerna för Mälaren – totalfosfor ($\mu\text{g/l}$), siktdjup(m) och temperatur ($^{\circ}\text{C}$) under åren 1964-2014.

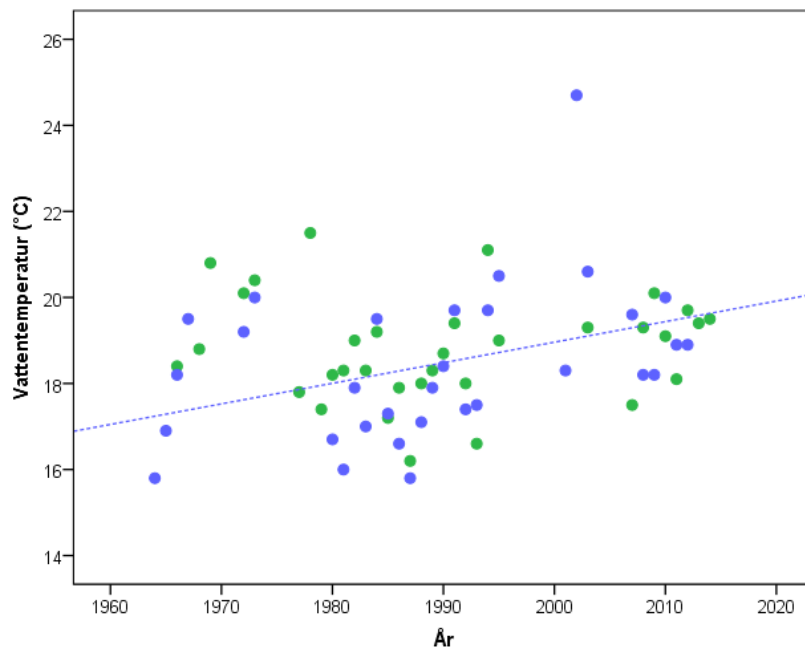
	N	Minimum	Maximum	Medelvärde	Standardavv.
Tot-P ($\mu\text{g/l}$)	30	11,0	42,0	19,567	6,5162
Siktdjup (m)	31	2,10	4,50	3,2677	0,55160
Vattentemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	31	15,8	24,7	18,452	1,8011



Figur 22. Mängden totalfosfor i ytvattnet (0,5 m) i augusti ($\mu\text{g/liter}$) i Hjälmarén (●) och Mälaren (●) 1964 till 2014.



Figur 23. Sikt djup (m) i augusti i Hjälmarén (●) och Mälaren (●) under senare delen av 1900-talet fram till 2010-talet. Den streckade linjen beskriver en signifikant linjär regression mellan sikt djup och tid i Mälaren.



Figur 24. Vattentemperaturen i ytvattnet (0,5 m) i Hjälmarén (●) och Mälaren (●) i augusti under tidsperioden 1964 till 2014. Den streckade linjen beskriver en signifikant linjär regression mellan temperatur och tid i Mälaren.

Tabell 13. Resultat från test av omgivningsvariablerna (ln-transformerade) med linjär regression (ANOVA) under åren 1964-2014.

	dF	F	P
Totalfosfor (Tot-P) µg/l (logaritmerade värden (ln)) som en funktion av tiden (år)			
Hjälmarén	1	3,797	0,061
Mälaren	1	0,930	0,343
Siktdjup (m) (logaritmerade värden (ln)) som en funktion av tiden (år)			
Hjälmarén	1	1,311	0,262
Mälaren	1	13,333	0,001*
Temperatur (°C) (logaritmerade värden (ln)) som en funktion av tiden (år)			
Hjälmarén	1	0,12	0,912
Mälaren	1	5,273	0,029*

3.5 Förändring i fiskets uttag

Uttaget är definierat som kg per kvadratkilometer och år. Uttaget var i genomsnitt dubbelt så stort i Hjälmarén som i Mälaren, och i Hjälmarén varierade uttaget stort

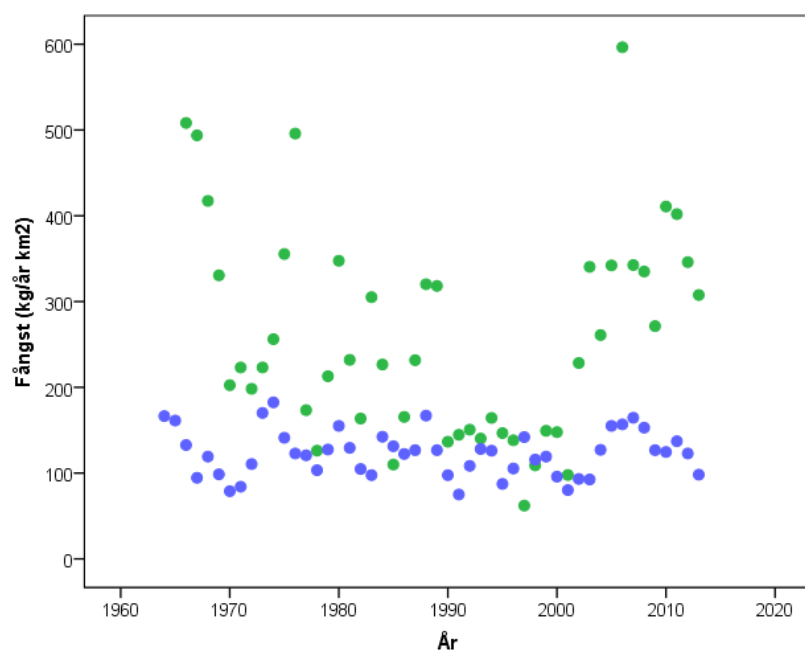
(62-596 kg/år×km²) medan det i Mälaren varierade förhållandevis lite (75-173 kg/år×km²) (Tabell 14 och 15). En linjär regression (ln-transformerade, ANOVA) av yrkesfiskets uttag av gös under åren 1964-2013 i Hjälmaren och Mälaren presenteras i Tabell 16 och Figur 25. Inga signifikanta förändringar av uttaget kan ses.

Tabell 14. *Beskrivande statistik för yrkesfiskets uttag (kg/km²×år) i Hjälmaren under åren 1964-2014.*

	N	Minimum	Maximum	Medelvärde	Standardavv.
Yrkesfiskets uttag (kg/år km ²)	48	62,10	596,45	258,5141	122,52083
Yrkesfiskets uttag (ton/år)	48	30,06	288,68	125,1208	59,30008

Tabell 15. *Beskrivande statistik yrkesfiskets uttag (kg/km²×år) i Mälaren (1966-2014).*

	N	Minimum	Maximum	Medelvärde	Standardavv.
Yrkesfiskets uttag (kg/år km ²)	50	75,00	182,46	123,0313	26,59247
Yrkesfiskets uttag (ton/år)	50	85,50	208,00	140,2557	30,31541



Figur 25. Yrkesfiskets uttag av gös i Hjälmarén (●) och Mälaren (●), uttryckt som kg per år och kvadratkilometer. (Dataperioder: Hjälmarén 1966-2013, Mälaren 1964-2013). (SCB, 2014).

Tabell 16. Resultaten från test av yrkesfiskets uttag av gös (ln-transformerade värden) med linjär regression och ANOVA mellan åren 1964 och 2014.

	dF	F	P
Fiskets uttag (kg/år×km ²) (logaritmerade värden (ln)) som en funktion av tiden (år)			
Hjälmarén	1	0,115	0,737
Mälaren	1	0,051	0,823

4 Diskussion

Mina resultat visar generellt att gös växer snabbare nu jämfört med förr i båda sjöar. Ung gös (2 år) växte snabbare i Hjälmarén 2010-2013 än i Mälaren. Andelen köns mogna gösar visar andelar köns mogna individer i åldrarna 2-6 år var mer jämnt fördelade 2010-2013, medan andelarna under 1955-1962 varierade, med låga andelar köns mogna bland yngre individer och höga andelar bland äldre individer.

Enligt mina analyser har siktdjupet minskat och temperaturen ökat signifikant i Mälaren (Tabell 21). Dessa förändringar kan förväntas ha positiva effekter på gös i Mälaren (Sonesten, 1991). Inga skillnader över tid detekterades för totalfosfor i någon av sjöarna. I Hjälmarén fann jag inga samband mellan siktdjup respektive temperatur över tid. Jag såg heller inga signifikanta förändringar i sjöarna av fiskets uttag av gös mellan 1964 och 2013.

Tabell 17. Förändring av omgivningsvariablerna samt fiskets uttag mellan 1964 och 2014.

Sjö	Total-P	Siktdjup	Vattentemperatur	Fiskets uttag
Hjälmarén förändring	0	0	0	0
Förväntad effekt på gös	0	0	0	0
Mälaren förändring	0	-	+	0
Förväntad effekt på gös	0	+	+	0

4.1 Tillväxt

Min hypotes var att gösen i sjöarna skulle växa långsammare med tiden, eftersom fisket tar upp de snabbväxande individerna vilket skulle innebära att relativt fler långsamväxande gösar kan reproducera sig och föra sina gener vidare. Eftersom både göshonor och göshanar i åldern 1-6 år, med några få undantag, växte snabbare under 2010-2013 än under åren 1939-1978 kan denna hypotes förkastas. Kanske återspeglar den ökade tillväxten en ökad temperatur, som enligt mina ana-

lyser har skett i Mälaren. En ökad temperatur innebär att isen lägger sig senare på hösten och bryter upp tidigare på våren, och tillväxtsäsongen för fisk blir längre. Om näring inte är begränsande kommer troligtvis tillgången till föda att bli större, och gös kan då uppnå en större storlek varje tillväxtsäsong.

Men storskaliga studier har visat att syreförbrännande organismer minskar i storlek när temperaturen ökar (Baudron et al., 2014), och att fiskars storlek generellt kommer sett att minska i och med klimatförändringarna. Ohlberger (2013) illustrerar att tillväxten visserligen kan vara större under de första åren i ett varmare klimat, men att tillväxten avtar med ålder. Ektotermerna könsmodnar tidigare när tillväxten ökar och mindre energi kan därefter läggas på tillväxt (Wootton & Smith, 2014).

Lappalainen et al. (2009) föreslår att tillväxten är täthetsberoende då det visat sig att gös växte sämre under år med starka årsklasser. Även om fisket tar ut stor fisk bör konkurrensen bland mindre storlekar kunna minska. I Hjälmaren växte 2-årig gös i min undersökning bättre än i Mälaren. Den skillnaden kan bero på tillgång till mer föda i Hjälmaren, trots en eventuellt större konkurrens bland mindre gös. Hjälmaren, som är mer näringsrik, är också relativt grund och värms därför snabbare på våren och gös får på så sätt en längre tillväxtsäsong än gös i östra Mälaren där vattnet värms upp långsammare.

För att bättre förstå tillväxten av gös i Hjälmaren och Mälaren skulle mer data på äldre och större fisk vara värdefullt. I mitt dataset fanns för få äldre fiskar för att kunna säga något om tillväxten hos äldre och större individer.

Ett av mina resultat var att göshonor i åldern 4-6 år i Hjälmaren växte sämre under 1963-1970 jämfört med de tidigare åren 1955-1962. Minimimåttet i Hjälmaren och Mälaren har höjts i flera omgångar, kopplat till redskapsregler. Under 30-talet infördes minimimåttet 38 cm, 1960 höjdes det till 40 cm och år 2001 respektive 2012 höjdes det till 45 cm (Beier, 2014b). För att förstå effekterna behöver man i mer detalj studera effekterna av den fiskereglering som genomförts i sjöarna över tid.

Min hypotes var också att gös i Hjälmaren skulle växa snabbare än gös i Mälaren under tidsperioden 2010-2013. Att Hjälmaren är mer näringsrik bör gynna gös och sjön är också grundare än östra Mälaren vilket bör gynna kläckningen och tillväxt av yngel. Jag fann i min studie att tvåårig gös växer snabbare i Hjälmaren än i Mälaren vilket stödjer min hypotes. Storleken av djurplankton i Mälaren minskar vilket inte borde gynna smågös (Sonesten et al., 2013). Men eftersom gös blir fiskätande under sin första tillväxtsäsong så har sannolikt djurplanktonssamhället en mindre betydelse för gös jämfört med för andra arter.

4.2 Könsmognad

Jag fann inga skillnader mellan andelen könsmogna gösar, honor eller hanar, i Hjälmaren och Mälaren. Däremot fanns en skillnad i hur könsmognaden fördelade sig i åldrarna 2-6 år. I tidsperioden 1955-1962 varierade andelen könsmogna stort, medan variationen under 2010-2013 var mycket mindre. Kanske är det så att gösen könsmognar tidigare nu för att sedan vila vissa år, medan chansen att könsmogna förr ökade successivt. Studier på abborre har visat att äldre honor kunde hoppa över lek då de var inne i en snabb tillväxtfas (Holmgren, 2003). En sådan mekanism skulle kunna förklara varför andelen könsmogna 5-6-åringar var relativt låg 2010-2013.

Ett högt fisketryck kan tidigarelägga könsmognad (de Roos *et al.*, 2006). Många har visat i modeller att ett intensivt fiske, även icke-selektivt fiske, leder till att fisk könsmognar tidigare (Andersen *et al.*, 2007; de Roos *et al.*, 2006). Om ålder vid könsmognad minskar bör man se det som en förvarning av att evolutionära förändringar av fiskens livshistoria, beståndens egenskaper kan vara irreversibla (de Roos *et al.*, 2006).

Evolutionära förändringar och genetiska effekter

Den atlantiska torsken utanför Labrador och Newfoundland i Nordamerika kollapsade under 1990-talet, och studier på hur bestånden såg ut innan kollapsen visade att de könsmognade i tidigare ålder och vid mindre storlekar. Bestånden har inte återhämtat sig än och man tror att kollapsen berodde på fiskeinducerade evolutionära förändringar som var irreversibla (Olsen *et al.* 2004).

van Wijk *et al.* (2013) har i experiment visat att man kan se genetiska förändringar av storlek och könsmognad efter tre generationer med yrkesfiskets uttag på en viss storlek. Vi vet ännu inte om det vi nu ser i Hjälmaren och Mälaren är fenotypiska eller genetiska förändringar. Mer noggranna studier, exempelvis av eventuella gradvisa förändringar i kombinerad ålder och storlek vid könsmognad, så kallade Probabilistic maturation reaction norms – PMRN (Heino *et al.*, 2002) skulle kunna påvisa detta.

4.3 Förändringar i omgivningsvariabler

I Mälaren har siktdjupet minskat och temperaturen ökat signifikant enligt min undersökning. Inga skillnader över tid detekterades för totalfosfor i Mälaren. I Hjälmaren fann jag inga samband mellan siktdjup, temperatur och näringshalt (totalfosfor) över tid. Både förändringarna av siktdjup och temperatur i Mälaren borde gynna gösens tillväxt, eftersom gös är en varmvattensfisk som gynnas av grumligt vatten (Sonesten, 1991).

Enligt Sonesten *et al.* (2013) har näringshalterna i Mälaren minskat, men sjön är fortfarande påverkad av övergödning (Sonesten *et al.*, 2013) även om östra delen av Mälaren är på gränsen till oligotrof. En lägre näringshalt borde generellt missgynna gös och den jämförelsevis sämre tillväxten av 2-årig gös i Mälaren jämfört med i Hjälmaren kan bero på detta. Siktdjupet i östra Mälaren har minskat mellan åren 1964 och 2011 (Sonesten *et al.*, 2013) vilket även stämmer överens med mina resultat, men siktdjupet i Mälaren är jämfört med Hjälmaren mycket större.

Förändringar i hela ekosystemet har inte ingått i denna studie. En ökad mängd skarv skulle exempelvis kunna vara till nackdel för gösbestånd (Sonesten *et al.*, 2013), alternativt minska gösens inomartskonkurrens genom att minska antalet mindre gös. En annan stor förändring för gös i Mälaren kan vara den drastiska minskningen av siklöja, ett bytesdjur för gös, i slutet på 1980-talet (Nyberg *et al.*, 2001).

Trots dessa förändringar som förmodligen inte gynnar gös har ändå tillväxten av gös ökat i Mälaren. I Mälaren hade ytemperaturen mätt i augusti i min undersökning också ökat signifikant under perioderna. I Hjälmaren kan jag däremot inte se någon förändring i temperatur. Temperaturen är en viktig faktor för tillväxt (Lappalainen *et al.*, 2009). Ökad temperatur borde gynna gös generellt sett (Sonesten *et al.*, 2013). Mina temperaturdata utgörs dock av en datapunkt per år (augusti månad och på 0,5 m djup). För att få ett mer relevant mått på temperatur skulle mer detaljerade temperaturdata i stället kunna användas för att räkna ut temperatursumman (daggrader) under det temperaturintervall som är av betydelse för fiskens tillväxt och könsmognad.

Jag såg inga förändringar av yrkesfiskets uttag av gös 1964-2013. Man kan anta att fisket blivit mer effektivt i och med nylonnätens inträde under 1900-talet. Nylon är genomskinligt och fisken kan inte se nätet. Näten kan också ligga länge i vattnet.

4.4 Hållbara bestånd kräver kunskap om resursen och dess medspelare

Kommersiellt fiske med minimimått kan minska fenotypiska egenskaper som individstorlek och fekunditet, och förändringarna har påvisats kunna gå ganska snabbt (Darimont *et al.*, 2009). Då den genetiska variationen påverkas av fisket är ett homogent bestånd mer känsligt för eventuella genetiska förändringar. Genetiska studier på gös visade att gösen i Hjälmaren består av ett genetiskt homogent bestånd, medan gösen i Mälaren genetiskt består av tre bestånd (Dannewitz *et al.*, 2010). Om livshistoriekaraktärer skiljer sig mycket åt i olika delar av en sjö, kan man behöva ta hänsyn till att det i Hjälmaren och Mälaren finns genetiska delbestånd av gös detta i förvaltningen.

Ett selektivt och relativt hårt fiske kan selektera bort egenskaper som är kopplade till könsmognad och tillväxt, egenskaper som är centrala för ett bestånds fortlevnad. Jag har i mina studier visat att andelen äldre fisk inte könsmognade successivt som den gjorde under 1950-talet. Den förändringen kan vara ett tecken på att beståndet förändrats genetiskt, men kan inte påvisas med säkerhet. En ekosystembaserad förvaltning av fisket kan endast förverkligas om vi har tillräckligt med kunskap om bestånden. Det är därför nödvändigt med forskning på bestånd och egenskaper kopplade till effekter som skulle kunna innebära evolutionära förändringar. Trots att Hjälmarens och Mälarens är olika typer av sjöar och förändringar i omgivningsvariabler inte kunnat påvisas i båda sjöarna så har tillväxten ökat i båda sjöarna. Detta kan antyda att en långsiktig effekt av fisket pågår och som bör utredas framöver.

Tack

Jag vill tacka min handledare Ulrika Beier för en extraordinär insats, tack vare henne har jag kunnat genomföra mitt självständiga arbete! Ulrika Beier har tålmodigt bistått mig med uppmuntrande vägledning och stöd från början till slut, samt med grundläggande kunskaper om fisk och fiske i Hjälmaren och Mälaren.

Jag tackar också Claudia von Brömssen, Biostokastikum, SLU, för statistisk rådgivning. Jag tackar Johan Dannewitz, Stefan Palm och Ulrika Beier för delgivande av digitaliserade historiska data, och Johan och Stefan för delgivande av insamlade data från Hjälmaren 2007-2009. Tack till Willem Dekker, biträdande handledare, som bistått med stöd under arbetets gång och serverat mig kaffe varje morgon. Jag vill även tacka personalen på ålderslaboratoriet – Magnus Kokkin, Birgitta Ekstrand, Björn Ardestam och Malin Hällbom – som vid minsta fråga eller osäkerhet bistått med utomordentlig vägledning i åldersbestämningar och tillväxtmätningar.

Varma tack till Åsa Kestrup för värdefulla kommentarer av texten. Ett varmt tack också till alla kollegor på Sötvattenslaboratoriet, som varit ett stort stöd. Tack också till kollegan Mariana Mesherjakova som med sitt engagemang i sitt arbete visat att allt är möjligt!

Referenslista

- Andersen, K.H., Farnsworth, K.D., Thygesen, U.H. & Beyer, J.E. (2007). The evolutionary pressure from fishing on size at maturation of Baltic cod. *Ecological Modelling*, 204(1-2), p. 246-252.
- Baudron, A.R., Needle, C.L., Rijnsdorp, A.D. & Marshall, C.T. (2014). Warming temperatures and smaller body sizes: synchronous changes in growth of North Sea fishes. *Global Change Biology*, 20(4), p. 1023-1031.
- Beier, U. (2014a). Provtagning av gös i yrkesfisket. Hjälmarén och Mälaren. [Opublicerat manuskript].
- Beier, U. (2014b). Tidslinje för fiskeregler i Hjälmarén och Mälaren. Opublicerat material.
- Beier, U., Axenrot, T., Andersson, M., Sandström, A., Johansson, M., Asp, A., Soler, T. (2011). Metodutveckling I Stora Sjöar (MISS). Provfiske och ekoräkning i Mälaren 2010. Drottningholm: Sötvattenslaboratoriet. 16 s.
- Belgrano, A. & Fowler, C.W. (2013). How Fisheries Affect Evolution. *Science*, 342(6163), p. 1176-1177.
- Berkeley, S.A., Chapman, C. & Sogard, S.M. (2004). MATERNAL AGE AS A DETERMINANT OF LARVAL GROWTH AND SURVIVAL IN A MARINE FISH, SEBASTES MELANOPS. *Ecology*, 85(5), p. 1258-1264.
- CEN (2009). prEN 15910:2009: E. Water Quality—Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods. Brussels: CEN, 41 s.
- Corp., I. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. [Programvara]. Armonk, NY: IBM Corporation.
- Dannewitz, J., Palm, S. & Prestegård, T. (2010). Långsiktigt hållbar gösförvaltning. Genetiska data ger ny information om bestånd och effekter av utsättningar. (Fiskeriverket informerar, 2010:3): Institute of Freshwater Research.
- Darimont, C.T., Carlson, S.M., Kinnison, M.T., Paquet, P.C., Reimchen, T.E. & Wilmer, C.C. (2009). Human predators outpace other agents of trait change in the wild. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(3), p. 952-954.
- de Roos, A.M., Boukal, D.S. & Persson, L. (2006). Evolutionary regime shifts in age and size at maturation of exploited fish stocks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1596), p. 1873-1880.
- Degerman, E. & Ekman, T. (2004). Det stora blå. Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmarén: Gullers förlag.
- Edward, A.T., Kjesbu, O.S., Solemdal, Per. (1997). Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. I: R. Christopher Chambers, E.A.T. (red.) *Early Life History and*

- Recruitment in Fish Populations. Fish and Fisheries Series. London: Springer Netherlands. Volume 21, 1997, pp 31-62.
- Fiskeriverket (2010). Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs- och miljööversikt 2010.
- Froese, R., Stern-Pirlot, A., Winker, H. & Gascuel, D. (2008). Size matters: How single-species management can contribute to ecosystem-based fisheries management. *Fisheries Research*, 92(2-3), p. 231-241.
- Havs- och vattenmyndigheten (2012). Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs- och miljööversikt 2012.
- Havs- och vattenmyndigheten (2013). Fiskbestånd i hav och sötvatten. Resursöversikt 2013. Gös.
- Havs- och vattenmyndigheten (2014-02-28). Lagstiftning som rör yrkesfisket. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/lagstiftning/lagstiftning-som-ror-yrkesfisket.html> [2015-01-19].
- Heikinheimo, O., Setälä, J., Saarni, K.A. & Raitaniemi, J. (2006). Impacts of mesh-size regulation of gillnets on the pikeperch fisheries in the Archipelago Sea, Finland. *Fisheries Research*, 77(2), p. 192-199.
- Heino, M., Dieckmann, U. & Godo, O.R. (2002). Measuring probabilistic reaction norms for age and size at maturation. *Evolution*, 56(4), p. 669-678.
- Hixon, M.A., Johnson, D.W. & Sogard, S.M. (2014). BOFFFFs: on the importance of conserving old-growth age structure in fishery populations. *ICES Journal of Marine Science*, 71(8), p. 2171-2185.
- Hjälmarens vattenvårdsförbund. (2012-02-20). <http://www.vattenorganisationer.se/hjalmaren/index.php> [2015-04-10].
- Holmgren, K. (2003). Omitted spawning in compensatory-growing perch. *Journal of Fish Biology*, 62(4), p. 918-927.
- Kokkonen, E., Vainikka, A. & Heikinheimo, O. (2015). Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch *Sander lucioperca*. *Fisheries Research*, 167(0), p. 1-12.
- Kullander, S.O., Dellings, B., Nyman, L. & Jilg, K. (2012). Perciformes - aborrtade fiskar. I: Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. Uppsala: ArtData-banken, SLU, p. 318-432.
- Kylberg, E. (2009). Guide till könsbestämning av gös. *Sander lucioperca*. Drottningholm: Sötvattenlaboratoriet.
- Lantmäteriet/Metria. Sverigekarta med Hjälmaren och Mälaren. <http://kartor.eniro.se/> [2015-04-23].
- Lappalainen, J., Milardi, M., Nyberg, K. & Venäläinen, A. (2009). Effects of water temperature on year-class strengths and growth patterns of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in the brackish Baltic Sea. *Aquatic Ecology*, 43(1), p. 181-191.
- Lilly, G.R. (2008). The Decline, Recovery, and Collapse of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off Labrador and Eastern Newfoundland. *Resiliency of Gadid Stocks to Fishing and Climate Change*, 24, p. 67-88.
- Länsstyrelsen (2005). Fiskets framtid i de stora sjöarna: utveckling eller avveckling? Länsstyrelsen Örebro län, Örebro. Rapport 0349-4454; 2005:49. 44 s.
- Mälarens vattenvårdsförbund. (2014). <http://www.malaren.org/> [2015-04-10].
- Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS. 2015. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. <http://www.slu.se/sjoprovfiskedatabasen> [2015-03-14]. Naturvårdsverket (2014-03-28). Miljömål. Hav i balans samt levande kust och skärgård. <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/10-Hav-i-balans-samt-levande-kust-och-skargard/> [2015-01-23].

- Naturvårdsverket (2014). Miljömål. Levande sjöar och vattendrag.
<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/8-Levande-sjoar-och-vattendrag/> [2015-01-23].
- Nyberg, P., Bergstrand, E., Degerman, E. & Enderlein, O. (2001). Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: Studies in Sweden's four largest lakes. *Ambio*, 30(8), p. 559-564.
- Ohlberger, J. (2013). Climate warming and ectotherm body size - from individual physiology to community ecology. *Functional Ecology*, 27(4), p. 991-1001.
- Olsen, E.M., Heino, M., Lilly, G.R., Morgan, M.J., Brattey, J., Ernande, B. & Dieckmann, U. (2004). Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, 428(6986), p. 932-935.
- Parsons, L.S., Powles, H. & Comfort, M.J. (1998). Science in support of fishery management: New approaches for sustainable fisheries. *Ocean & Coastal Management*, 39(1-2), p. 151-166.
- Ruuhijärvi, J., Salminen, M. & Nurmio, T. (1996). Releases of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. *Annales Zoologici Fennici*, 33(3-4), p. 553-567.
- SCB (2014). Det yrkesmässiga fisket i sötvatten. (JO 56. Sveriges officiella statistik, statistiska meddelanden.
- SLU (2011). Artblad: Gös. (Metodhandbok för åldersbestämning av fisk, SLU: Institutionen för akvatiska resurser.
- SLU (2012). Metodhandbok för åldersbestämning av fisk: Institutionen för akvatiska resurser.
- SLU (2014). Fiskbestånd i hav och sötvatten. Resursöversikt 2013. Gös. Havs- och vattenmyndigheten. 6 s.
- SLU (2015). MVM Miljödata. SLU. [<http://miljodata.slu.se/mvm/>, [2015-04-14]]
- Sonesten, L. (1991). Gösens biologi. (Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, 1991:1). Drottningholm: Sötvattenslaboratoriet. 65 s.
- Sonesten, L., Wallman, K., Axenrot, T., Beier, U., Drakare, S., Ecke, F., Goedkoop, W., Grandin, U., Köhler, S., Segersten, J. & Vrede, T. (2013). Mälaren. Tillståndsutvecklingen 1965-2011. Rapport 2013:1. Uppsala: Institutionen för vatten och miljö.
- Svärdson, G. & Molin, G. (1981). The impact of eutrophication and climate on a warmwater fish community. *Rep. Inst. Freshw. Res.*, 59, p. 142-151.
- Svärdson, G., Molin, G. (1966). Gösen i Hjälmaren och Mälaren. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, 25 s.
- van Wijk Serinde J, M.I.T., Simon Creer, Christine Dreyer, Fernanda M Rodrigues, Indar W Ramnarine, Cock van Oosterhout, and Gary R Carvalho (2013). Experimental harvesting of fish populations drives genetically based shifts in body size and maturation. *Frontiers in Ecology and the Environment*.
- Wootton, R.J. & Smith, C. (2014). Reproduction and life-history evolution. In: *Reproductive Biology of Teleost Fishes* Wiley-Blackwell, p. 324-356.

Appendix

Tabell 18. *Skillnader mellan göslängdernas medelvärden (mm) för olika tidsperioder och åldrar, hanar och honor, i Hjälmaren och Mälaren. Signifikanta längdskillnader markerade med *. Skillnaden visas som Längd Tidsperiod – Längd Tidsperiod.*

Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		1	1	1	1	1	1
Hjälmaren	Hona	3*	-3*	15*	-7	11*	18*
Hjälmaren	Hane	2*	-3*	14*	-5*	12*	16*
Mälaren	Hona	-2*	-1*	6*	1	8*	7
Mälaren	Hane	-3*	2*	7	4*	10*	5*
Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		2	2	2	2	2	2
Hjälmaren	Hona	7	19*	34*	12	27*	15*
Hjälmaren	Hane	12*	22*	38*	10	26*	16*
Mälaren	Hona	-1	15	36*	16*	38*	21*
Mälaren	Hane	-1*	13	33*	14*	34*	20*
Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		3	3	3	3	3	3
Hjälmaren	Hona	3	3*	29*	0	26*	26*
Hjälmaren	Hane	14*	11*	35*	-4	21*	24*
Mälaren	Hona	20*	9	43*	-11*	23*	34*
Mälaren	Hane	21*	11	42*	-10*	21*	31*
Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		4	4	4	4	4	4
Hjälmaren	Hona	-21*	6*	39*	26*	59*	33*
Hjälmaren	Hane	-8*	18*	48*	26*	56*	30*
Mälaren	Hona	28*	22*	54*	-5	26*	32*
Mälaren	Hane	30*	28*	54*	-3*	23*	26*

Fortsättning Tabell 18.

Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		5	5	5	5	5	5
Hjälmarén	Hona	-45*	-6*	31*	39*	75*	36
Hjälmarén	Hane	-31	-6*	38*	25*	69*	45*
Mälaren	Hona	18*	22*	61*	4*	43*	39*
Mälaren	Hane	10*	18*	48*	8	38*	30*
Tidsperioder som jämförs		1939-1962 1963-1970	1939-1962 1971-1978	1939-1962 1998-2013	1963-1970 1971-1978	1963-1970 1998-2013	1971-1978 1998-2013
Ålder		6	6	6	6	6	6
Hjälmarén	Hona	-47*	18*	43*	65*	91*	25
Hjälmarén	Hane	-21	15*	58*	37*	79*	42
Mälaren	Hona	14*	35*	73*	21	59*	38
Mälaren	Hane	22*	33*	52*	11	30*	19

Tabell 19. Skillnader mellan medelvärden av tillbakaräknade göslängder (mm) i Hjälmarén och Mälaren fångade 2010-2013 vid olika ålder och för olika kön. Signifikanta längdskillnader markerade med *.

Ålder		1	2	3	4	5	6
Hjälmarén	Hona	3,91	16,01*	10	8,46	2,42	-6,55
Hjälmarén	Hane	0,17	13,09*	5,27	3,21	1,27	-1,07
Mälaren	Hona	-3,91	-16,01*	-10	-8,46	-2,42	6,55
Mälaren	Hane	-0,17	-13,09*	-5,27	-3,21	-1,27	1,07

Tabell 20. *P*-värden från *One-Sample Kolmogorov-Smirnov-test* av kringvariablerna.

		P	P (ln-transformerade värden)
Siktdjup	Hjälmaren	0,011	0,189
	Mälaren	0,200	0,200
Tot-P	Hjälmaren	0,082	0,200
	Mälaren	0,200	0,200
Temperatur	Hjälmaren	0,200	0,200
	Mälaren	0,200	0,200

Tabell 21. *P*-värden från *One-Sample Kolmogorov-Smirnov-test* av yrkesfiskets uttag av gös under åren 1964-2013 (data för uttaget i Hjälmaren fr.o.m. 1966).

		P	P (ln-transformerade värden)
Yrkesfiskets uttag	Hjälmaren	0,050	0,200
	Mälaren	0,200	0,200

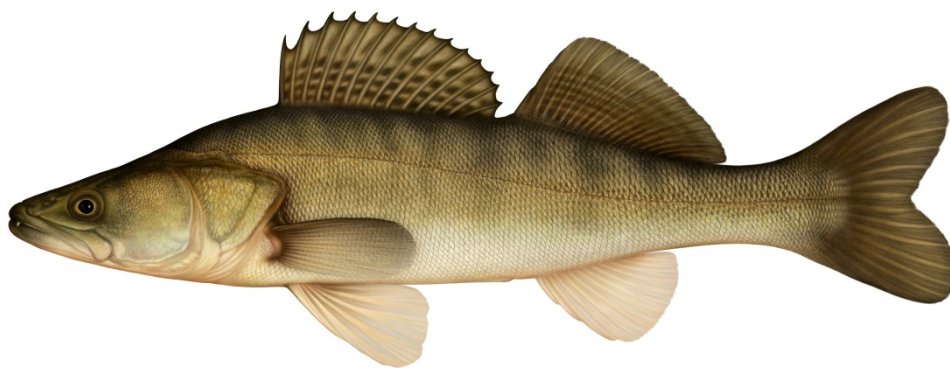
Populärvetenskaplig sammanfattning

Vid en undersökning 2009 fann forskare på SLU att gösen i Mälaren växte sämre än den gjorde på 50-talet. Fisken verkade också köns mogna mycket tidigare. Då dessa förändringar i gösens livshistoria är oroande, påbörjades en insamling av data för att undersöka vad som hänt.

Gös är en mycket viktig art, i både yrkesfiske och sportfiske, och regleras sedan 1930-talet med bland annat minimimått. Förvaltning av fisk med minimimått är ett enkelt sätt att begränsa fisket, man får bara ta upp fisk som är större än minimimåttet. Då det finns många exempel på att minimimått ger större fångster, har måttet höjts vid flera tillfällen sedan 30-talet. Den senaste höjningen i Mälaren gick från 40 till 45 cm år 2012. Då hade man 10 år tidigare höjt minimimåttet i Hjälmaren efter att under 90-talet haft ovanligt låga fångster av gös i yrkesfisket. Efter höjningen i Hjälmaren är fångsterna åter på tidigare nivåer. I Mälaren har ännu inga effekter av höjningen kunnat påvisas.

Samtidigt kom rapporter om att förvaltning av marina fiskbestånd med minimimått kan förändra bestånden genetiskt. Man såg att om man tog bort stor fisk så blev det mer av de små fiskarna, som också växer sämre. I längden kunde det betyda att genetisk variation skulle försvinna, och att fiskbestånden inte kan återhämta sig vid miljöförändringar.

I mitt självständiga arbete har jag undersökt hur gösen i Hjälmaren och Mälaren har växt mellan åren 1939 och 2013. Jag har jämfört data som samlats in från Mälaren och Hjälmaren de senaste åren med data från provfisken 1955-1978. Mina hypoteser utgick från det man tidigare funnit beträffande tillväxt och köns mognad hos fiskade bestånd i havet. Jag trodde att gös i både Hjälmaren och Mälaren skulle växa sämre och köns mogna tidigare.



Gös (*Sander lucioperca*). Illustration: ArtDatabanken, Linda Nyman.

Mina resultat visar att gösen i sjöarna växer snabbare nu än den gjorde förr. Detta kan delvis bero på att temperatur och siktdjup, faktorer som gynnar gös, har ökat i Mälaren. Men dessa omgivningsvariabler har inte förändrats i Hjälmaren. Näringshalterna är mycket olika i sjöarna, och jag har inte kunnat påvisa förändringar som skulle kunna förklara att gösen växer bättre i båda sjöar. Fisketrycket har inte förändrats under åren, även om fisket varierat stor.

Könsmognaden har förändrats under åren. Gösen könsmodnar tidigare nu än förr och nu finns ungefär lika stor andel könsmoden fisk i alla åldrar (2-6 år). Nu är många äldre gösar inte lekmogna, eller så hoppar de över leken vissa år.

Sammantaget har samma förändringar av tillväxt och könsmodnad skett i både Hjälmaren och Mälaren, trots att sjöarna är mycket olika både i form, djup och näringsnivå. Om förändringarna i tillväxt och könsmodnad hos gös är genetiska och beror på fiskeförvaltning med minimått eller andra omgivningsfaktorer är svårt att säga. Men ekosystembaserad förvaltning kräver att vi förstår hur förvaltning och miljö påverkar resursen. Det finns bra verktyg för att ta reda på mer om vad som påverkar tillväxt och könsmodnad av gös. Detta bör göras för att i tid upptäcka förändringar som annars kan svåra att bromsa.